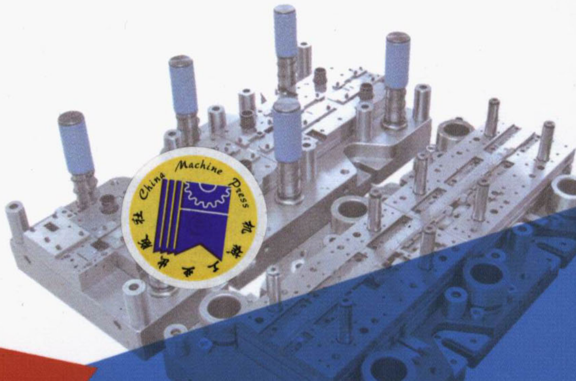
快乐冲压系列图书

快乐冲压

——冲压工艺实用宝典

韩 梅 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

快乐冲压系列图书

快 乐 冲 压

——冲压工艺实用宝典

韩 梅 编著

机 械 工 业 出 版 社

本书是一本实用性较强的冲压技术类图书。书中内容一改理论类书籍的严肃面目，以全新的风格，将冲压理论与生产实际密切结合，利用大量的实物照片，深入浅出地介绍了工厂，尤其是汽车制造厂从事冲压工作的技术人员所需的各种知识，并对目前国内外先进的冲压技术作了简要的介绍。书中内容既有理论深度，又有很强的实际操作性。

本书面向广大的冲压操作者、工程技术人员及相关专业的在校师生。

相信读过本书的一线生产工人能够迅速地成为出类拔萃的冲压行业的技术人才！

相信读过本书的大学生一踏上工作岗位，特别是汽车制造厂的冲压工艺岗位，就会有工程师的风采！

图书在版编目(CIP)数据

快乐冲压：冲压工艺实用宝典/韩梅编著. —北京：机械工业出版社，2012.10

(快乐冲压系列图书)

ISBN 978-7-111-37908-9

Ⅰ.①快…　Ⅱ.①韩…　Ⅲ.①冲压—工艺学
Ⅳ.①TG386

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 232060 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037)
策划编辑：孔　劲　责任编辑：孔　劲
版式设计：霍永明　责任校对：刘怡丹
封面设计：马精明　责任印制：乔　宇
北京铭成印刷有限公司印刷
2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm 30.5 印张 · 758 千字
0001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-37908-9
定价：78.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203	**封面无防伪标均为盗版**

前　言

如何使课堂上的冲压理论知识和冲压实际生产无缝对接?

如何使冲压工人在愉快的氛围中汲取知识养分?

如何进一步激发冲压技术人员的灵感?

一直在汽车冲压行业第一线从事全方位冲压工艺工作的作者，在此郑重地向广大读者奉献多年汗水、心力、经验、积累和幽默的荟萃——《快乐冲压》。

本书内容涵盖了冲压用工位器具、冲压设备、冲压质量检验、冲压检具、冲压材料、冲压工时、冲压自动化、冲压规划、冲压经济分析、冲压操作安全等冲压工艺扩展范围的各个方面。

鉴于目前冲压技术类书籍全面涵盖上述内容的较少，而冲压工厂，尤其是汽车冲压工厂，上述内容正是冲压工艺技术人员日常所要从事的本职工作；刚步出校门从事冲压工作的大学生，由于对上述工艺内容较陌生，常常需要重新学习，才能获得崭露头角的机会；冲压工厂的特点是分工细致，因此技术人员在分析解决综合性问题时常常会有一定的困惑。为此，本书为广大读者提供了一个知识交汇的平台。无论是刚毕业的学生、从事冲压工作多年的技术人员，还是挥汗如雨的冲压一线的技术工人，都能以小憩的心境，在轻松地阅读本书的过程中攀登知识的阶梯。

本书尽可能地将最新最广的冲压知识及信息展现给读者。书中蕴含丰富的实际经验及解决冲压问题的实用技巧，可以启迪读者的智慧。书中实用而多层次的图片，可以使读者直观形象地理解书中的内容。

希望本书的风格能给读者带来一缕耳目一新的轻风。

更希望本书的内容能够像春天的种子，给人以希望，让您收获秋天的硕果!

目　录

前言

第 1 章　基础知识 …… 1

1.1　冲压工艺 …… 1

1.2　冲压常用单位如何换算 …… 4

1.3　冲压有哪些常用公差配合 …… 8

1.3.1　基本概念 …… 8

1.3.2　公差与配合的代号示例 …… 11

1.3.3　表面粗糙度 …… 14

1.4　材料硬度如何换算 …… 16

1.5　钢的热处理工艺主要有哪些 …… 23

1.5.1　钢的热处理原理 …… 23

1.5.2　钢的常用热处理概念 …… 27

1.6　中外常用钢铁如何对照 …… 30

1.6.1　各国材料标准号的组成 …… 30

1.6.2　常用钢铁各国对照 …… 32

1.7　冲压常用专业软件有哪些 …… 35

1.7.1　常用绘图软件的特点简介 …… 35

1.7.2　常用成形仿真分析软件 …… 39

1.7.3　绘图软件的区别 …… 39

1.8　冲压工艺纪律检查主要有哪些内容 …… 40

1.9　什么是 TRIZ …… 41

1.10　什么是 FMEA …… 47

第 2 章　工位器具辅具辅料 …… 54

2.1　冲压有哪些储存用工位器具 …… 54

2.2　冲压有哪些辅助工位器具 …… 58

2.3　什么是冲压锁模用辅具 …… 64

2.4　冲压用 T 形槽用螺栓如何选用和检测 …… 69

2.5　冲压锁模用什么螺母 …… 74

2.6　冲压用其他辅具有哪些 …… 77

2.7　冲压常用吊具有什么类型 …… 83

2.8　索具如何选用 …… 85

2.8.1　机构的工作类型 …… 85

2.8.2　钢丝绳 …… 86

2.8.3　吊带 …… 89

2.8.4　吊链 …… 90

2.9　什么是冲压辅料 …… 90

2.10　冲压用托杆有什么要求 …… 95

2.10.1　托杆的分类和用途 …… 95

2.10.2　托杆长度的确定 …… 96

2.10.3　设备气垫行程不能满足使用要求时托杆长度的确定 …… 97

2.10.4　模具托杆孔又小又偏且难以改造时托杆长度的确定 …… 98

2.10.5　大中型模具用托杆的设计要求 …… 98

2.10.6　托杆的精度检测 …… 99

第 3 章　机械压力机 …… 100

3.1　常用机械压力机如何分类 …… 100

3.2　机械压力机的型号 …… 103

3.3　曲柄压力机的工作原理是什么 …… 105

3.3.1　曲柄压力机的工作原理 …… 105

3.3.2　几种偏心机构的比较 …… 107

3.4　曲柄压力机由哪些机构组成 …… 107

3.5　曲柄压力机的冲压特性是什么 …… 113

3.5.1　开式压力机的行程位置与公称压力的关系 …… 113

3.5.2　压力机的行程功 …… 114

3.5.3　曲柄滑块机构的运动特性 …… 114

3.5.4　压力机对偏心负荷的承受能力 …… 114

3.6　机械压力机可以实现哪些操作 …… 116

3.7　机械压力机有哪些压力需要调节 …… 118

3.8　多连杆压力机有什么特点 …… 120

3.9　什么是多工位压力机 …… 124

3.10　伺服压力机有怎样的先进性 …… 126

3.11　机械压力机的主要参数有哪些 …… 128

3.12　机械压力机有什么精度要求 …… 131

3.12.1　开式压力机的精度检验 …… 131

3.12.2　闭式单、双点压力机的精度检验 …… 132

3.12.3 闭式四点压力机的精度检验 … 133
3.12.4 闭式单点、双点、四点双动拉深压力机的精度检验 ……… 134
3.13 机械压力机有什么样的地基 ……… 136
3.14 机械压力机的触摸屏有什么特点 … 139
3.15 压力机验收的要点是什么 ……… 142
3.15.1 图样会签的主要内容 ……… 142
3.15.2 生产制造厂的压力机出厂验收及压力机进厂后的验收 ……… 142
第4章 液压机 ……… 146
4.1 液压机有什么特点 ……… 146
4.2 液压机有怎样的发展趋势 ……… 148
4.3 液压机的型号怎样解读 ……… 149
4.4 液压机的工作原理是什么 ……… 150
4.4.1 液压机的工作原理 ……… 150
4.4.2 液压机的基本结构和动作循环 … 150
4.5 液压机主要控制系统有哪些 ……… 152
4.5.1 液压器件的基本概念 ……… 152
4.5.2 液压机的传动方式 ……… 153
4.5.3 传动方式的比较 ……… 154
4.6 通用液压机的液压控制系统怎样解读 … 154
4.7 薄板冲压液压机有哪些精度要求 …… 156
4.7.1 液压机的精度等级 ……… 157
4.7.2 液压机的精度如何测定 ……… 157
4.7.3 日本液压机的精度标准 ……… 159
4.8 液压机的主要参数有哪些 ……… 161
4.9 液压机有怎样的操作流程 ……… 165
4.10 液压机触摸屏有哪些功能 ……… 167
4.10.1 零件和模具的储存及调用 …… 167
4.10.2 触摸屏设备参数的设定 ……… 169
4.10.3 触摸屏的其他功能 ……… 170
4.10.4 触摸屏的安全功能 ……… 171
第5章 冲压用其他设备 ……… 172
5.1 开卷线的组成 ……… 172
5.2 开卷线的工艺参数和技术协议书 …… 179
5.3 剪板机 ……… 181
5.4 折弯机 ……… 185
5.5 折弯模具 ……… 188
5.5.1 折弯的方法和步骤 ……… 188
5.5.2 折弯零件类型 ……… 189
5.5.3 折弯模的形状 ……… 190
5.5.4 折弯件常见问题分析 ……… 191
5.6 模具清洗机 ……… 192
5.7 金属废料液压打包机 ……… 194
5.8 冲压废料输送线 ……… 197
5.9 冲压用辅助设备 ……… 199
第6章 设备的管理及维护 ……… 203
6.1 新设备进厂要作哪些准备 ……… 203
6.1.1 新设备到厂前的准备 ……… 203
6.1.2 新设备的包装查验 ……… 203
6.1.3 开包后设备零部件的查验及处理监督 ……… 203
6.2 怎样制订设备的检修计划 ……… 204
6.2.1 设备的精度与设备状态的关系 … 204
6.2.2 设备计划修理的类别 ……… 205
6.3 压力机的基本保养规范是什么 …… 205
6.4 液压机具体如何检查保养 ……… 206
6.5 液压机常见故障原因怎样判断 …… 208
第7章 质量检验 ……… 211
7.1 冲压质量检验主要有哪些项目 …… 211
7.2 冲压质量检验有哪些常用手段 …… 215
7.2.1 冲压检验常用工具、量具 …… 215
7.2.2 冲压质量检验方法 ……… 216
7.3 剪切公差如何确定 ……… 219
7.4 冲压质量检验标准有哪些 ……… 221
7.4.1 平冲压件尺寸公差 ……… 221
7.4.2 成形冲压件尺寸公差 ……… 222
7.4.3 冲压件冲裁角度公差 ……… 222
7.4.4 冲压件弯曲角度 ……… 223
7.4.5 毛刺极限值的公差 ……… 223
7.4.6 我国台湾某汽车厂用冲压检验标准 ……… 224
7.4.7 日本汽车厂常用冲压件检测指标 ……… 226
7.5 冲压工序和检查项目怎样对应 …… 227
7.6 冲压件质量等级如何划分 ……… 230
7.7 冲压质量缺陷度如何把握 ……… 233
7.7.1 缺陷度的把握 ……… 233

7.7.2 缺陷位置的把握度 …… 236
7.8 冲压质量缺陷对产品有什么影响 …… 237
7.9 有质量问题的冲压件如何处理 …… 239
7.10 怎样进行冲压质量问题原因分析 …… 241
7.11 冲压质量检验的频次如何确定 …… 243
7.12 冲压检验分析文件主要有哪些 …… 244
7.13 三坐标测量仪有什么特点 …… 249
7.14 生产现场还有哪些检测方法 …… 255
第8章 冲压检具 …… 258
8.1 什么是冲压检具 …… 258
8.1.1 冲压检具的主要组成部分 …… 259
8.1.2 检具的要素 …… 260
8.1.3 检具的制造材料 …… 261
8.1.4 检具的其他辅助设置 …… 262
8.2 检具测量零件的步骤有哪些 …… 262
8.3 怎样用检具检测零件 …… 265
8.4 检具对制造精度有何要求 …… 268
8.5 检具作业规范有哪些内容 …… 270
8.6 检具制造和验收的流程是什么 …… 271
8.7 检具验收有哪些主要项目 …… 273
第9章 冲压材料 …… 276
9.1 冲压材料性能有哪些基本概念 …… 276
9.2 冲压材料如何选用 …… 279
9.3 材料的成形性能指标有哪些 …… 283
9.4 钢厂对材料尺寸偏差有什么规定 …… 285
9.5 钢厂对材料的外形外表有什么标准 …… 288
9.5.1 材料平面外形的质量标准 …… 288
9.5.2 材料的不平度质量规定(不含镀层钢板) …… 289
9.5.3 尺寸和外形测量要求 …… 290
9.5.4 材料的外表面质量等级标准及材料表面结构 …… 290
9.5.5 材料硬度及弯曲性能 …… 291
9.5.6 镀层钢板及钢带的标准 …… 292
9.6 冲压材料的化学成分 …… 293
9.6.1 材料的化学成分 …… 294
9.6.2 化学成分对冷轧低碳钢性能的影响 …… 296
9.7 什么是冲压材料的力学性能 …… 297
9.8 什么是塑性应变比 r …… 301
9.8.1 r 值的测定 …… 303
9.8.2 r 值与材料拉深比的关系 …… 304
9.8.3 平面各向异性与拉深凸耳 …… 304
9.9 什么是拉伸应变硬化指数 n …… 306
9.10 高强度钢板有什么性能特点 …… 309
9.11 冲压材料性能试验有什么手段 …… 315
9.12 材料生产的基本流程是什么 …… 318
9.12.1 材料冷轧前的工艺流程 …… 319
9.12.2 冷轧工艺流程 …… 320
9.13 材料激光拼焊有什么特点 …… 322
9.13.1 激光焊接的质量特点 …… 323
9.13.2 激光拼焊板对冲压成形性能的影响 …… 323
9.13.3 拼焊板焊缝移动的解决方法 …… 325
9.13.4 激光拼焊系统的构成及工艺流程 …… 326
9.13.5 激光拼焊对材料的要求 …… 327
9.13.6 直线激光拼焊的验收标准 …… 328
9.14 铝合金可以成形吗 …… 330
9.14.1 铝合金应用举例 …… 330
9.14.2 铝合金的成形性能 …… 331
9.15 什么是材料的滑移线 …… 332
9.16 材料剪切的方法和方式有哪些 …… 336
9.17 同类材料标准如何对照 …… 341
9.18 材料的主要技术文件有哪些 …… 345
9.19 如何做金属材料消耗明细表 …… 346
9.19.1 材料的基本概念 …… 346
9.19.2 钢厂订货的限制条件 …… 348
9.19.3 明细表中材料规格的确定 …… 348
9.19.4 材料单件工艺消耗的计算 …… 350
9.19.5 明细表的其他项目说明 …… 351
9.20 如何做金属材料消耗汇总表 …… 352
9.21 如何做剪切下料卡 …… 354
9.22 如何做可利用废料清单 …… 357
第10章 冲压工时 …… 360
10.1 什么是劳动定额 …… 360
10.2 冲压时间如何分类 …… 361
10.2.1 工时中的定额时间 …… 361

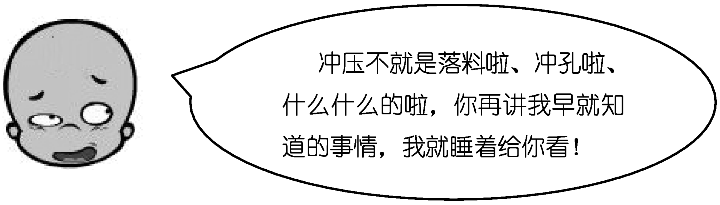
10.2.2 冲压非定额时间 $T_{非定}$ 的确定方法 …… 362
10.2.3 定额时间完成率 …… 362
10.3 冲压定额时间如何确定 …… 363
10.4 冲压件工时定额如何计算 …… 366
10.5 剪切工时定额如何制订 …… 369
10.5.1 剪切工时定额包含的内容 …… 369
10.5.2 剪切时间的确定 …… 369
10.5.3 剪切工时定额 …… 373
10.5.4 剪切工时如何应用 …… 374
10.6 开卷线工时定额如何确定 …… 374
10.6.1 开卷线工时定额组成 …… 375
10.6.2 作业时间 …… 375
10.6.3 准备和结束时间 …… 376
10.6.4 开卷线工时 …… 377
10.7 工时定额怎样应用 …… 377
10.8 冲压车间如何定员 …… 379
10.9 如何计算冲压连线生产的效率 …… 381
10.9.1 独立生产 …… 382
10.9.2 普通连线生产 …… 383
10.9.3 自动化连线生产 …… 384
10.10 减少冲压工时定额有什么措施 …… 384
第11章 自动化冲压生产线 …… 387
11.1 冲压生产如何实现自动化 …… 387
11.1.1 自动化冲压生产线的构成 …… 387
11.1.2 自动化冲压生产线主机的配套要求 …… 387
11.1.3 周边设备 …… 390
11.1.4 多工位压力机自动化生产线 …… 394
11.1.5 自动化冲压生产线新技术 …… 394
11.1.6 其他自动化冲压生产线 …… 396
11.1.7 安全系统及零件跟踪 …… 396
11.1.8 某自动化冲压生产线的操作顺序与操作时间示例 …… 396
11.1.9 不同冲压生产线的特点对比 …… 397
11.2 冲压机械手有什么特点 …… 398
11.3 什么是冲压机器人 …… 402
11.3.1 关节型机器人的坐标形式 …… 403
11.3.2 关节型机器人的组成 …… 403
11.3.3 关节型机器人机械结构系统（本体基本构成） …… 403
11.3.4 关节型机器人的驱动及控制系统 …… 404
11.3.5 末端执行系统 …… 406
11.3.6 关节型机器人的基本参数和特性 …… 406
11.3.7 关节型机器人在冲压生产中的应用举例 …… 408
11.3.8 关节型机器人的主要参数 …… 408
11.4 端拾器有什么性能特点 …… 410
11.5 自动化冲压生产线的工件如何传送 …… 416
11.5.1 传统的机械手(Feeder)+穿梭小车式 …… 416
11.5.2 多工位横杆(Crossbar)式 …… 417
11.5.3 快速横杆(Speedbar)式传送装置 …… 419
11.5.4 快速横杆式送料系统与穿梭小车式输送机构的比较 …… 420
11.5.5 横杆式传送装置的换模 …… 422
11.6 自动化冲压生产线模具的特点 …… 422
11.7 模具快速夹紧装置怎样应用 …… 425
11.7.1 上模常用夹模器类型 …… 425
11.7.2 手动式液压夹模器 …… 425
11.7.3 自动推进式电液夹模器（移动式夹模器） …… 427
11.7.4 固定夹模器 …… 429
11.7.5 手动式下模专用夹模器 …… 429
第12章 冲压规划 …… 432
12.1 冲压规划包括哪几方面的内容 …… 432
12.1.1 冲压设备数量和类型的确定 …… 432
12.1.2 冲压厂房的工艺面积规划（即工艺平面布置图） …… 433
12.1.3 冲压工人数量的预测 …… 433
12.1.4 工位器具的数量 …… 434
12.1.5 规划分步实施方案 …… 434
12.2 冲压设备如何规划 …… 434
12.2.1 压力机类型的确定 …… 434
12.2.2 确定生产线 …… 434

12.2.3 补充配套设备 …… 435
12.2.4 计算预用设备类型及数量 …… 436
12.2.5 冲压车间桥式起重机的配备 …… 437
12.3 冲压模具的等级如何确定 …… 438
12.4 怎样规划冲压工艺平面 …… 439
12.5 怎样规划材料准备工段 …… 442
12.5.1 剪切、开卷设备数量的确定 …… 442
12.5.2 剪切和开卷毛坯材料占地面积计算 …… 443
12.6 怎样规划材料存放库 …… 443
12.6.1 材料库材料的存放方式 …… 443
12.6.2 材料库存量的确定 …… 444
12.6.3 板材占地面积计算 …… 445
12.6.4 卷材占地面积计算 …… 445
12.6.5 计算板材和卷材的总占地面积 $S_{总}$ …… 446
12.7 冲压件成品库面积如何规划 …… 446
12.8 怎样规划冲压生产人员 …… 449
第13章 经济分析 …… 451
13.1 冲压经济分析包括哪几方面 …… 451
13.2 如何概算冲压件成本 …… 453
13.2.1 与冲压件成本相关的要素 …… 453
13.2.2 冲压成本的分项概算 …… 453
13.2.3 冲压成本的汇总计算 …… 456
13.3 开卷料怎样概算成本 …… 457
13.4 怎样概算剪切成本 …… 458
第14章 操作安全 …… 460
14.1 光电保护装置有什么特点 …… 460
14.1.1 光电保护装置分类 …… 460
14.1.2 光电保护原理 …… 460
14.1.3 光电保护装置的组成 …… 462
14.1.4 安装在滑块上的光电保护装置的使用方法 …… 463
14.1.5 光幕传感器参数的制订 …… 465
14.1.6 光电保护装置的安全要求特点 …… 466
14.2 小型模具如何安全安装 …… 467
14.2.1 小型模具通用的安全安装方法 …… 467
14.2.2 模具安装的特殊注意事项 …… 469
14.3 大中型模具如何安全装模 …… 470
14.4 怎样减少冲压噪声 …… 472
14.4.1 冲压噪声的危害 …… 472
14.4.2 冲压噪声的来源 …… 473
14.4.3 减小噪声的措施 …… 473
14.5 冲压模具应有哪些安全措施 …… 474
14.5.1 冲裁模设计、制造带来的安全性问题 …… 474
14.5.2 模具的其他安全隐患及防护措施 …… 475
14.5.3 模具使用带来的安全性问题 …… 477
14.6 模具如何定置管理 …… 478
参考文献 …… 480

第 1 章　基 础 知 识

1.1　冲压工艺

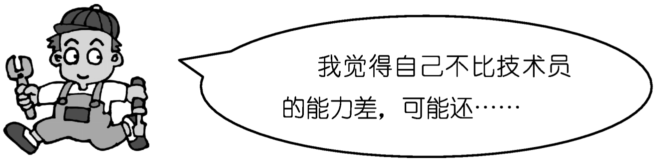
（1）什么是冲压加工　常温下，通过对安装在冲压设备上的模具中的金属板料施加变形力，使其产生塑性变形或分离，从而获得具有一定形状、尺寸和精度的零件的加工方法。



（2）什么是冲压工艺　从广义上来说，冲压工艺就是将板料顺利高效地冲压成一定合格形状所需要的各种技术条件。这些条件包括冲压所需要的模具、设备、材料、工位器具、辅具、辅料、图样、质量检验、工时制订、工艺规划、工艺管理及各种指导生产和经济核算用的工艺技术文件等。

工艺技术人员的职责就是对上述内容进行设计、制订、维护、改进和创新。

冲压操作工的职责就是严格按照操作规程进行操作，良好地执行工艺，并对各类工艺问题提出意见、改进措施和创新方案等。



1. 模具

模具(见图 1-1)是冲压的三要素之一，是用以限定生产对象的形状和尺寸的装置。

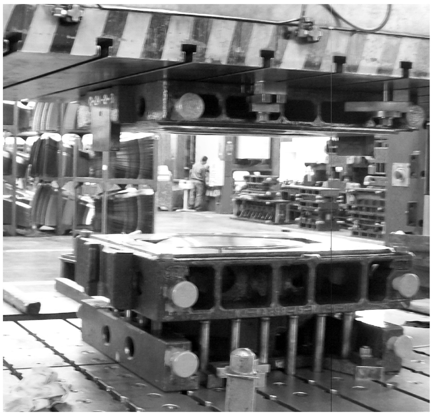


图 1-1　冲压模具

冲压生产往往离不开模具，因此冲压工艺技术人员要掌握各种模具的设计方法，这是做好冲压工作的基础。

由于冲压和模具的关系密不可分，除了模具设计以外，冲压工艺技术人员对冲压生产中出现的问题的预测和解决，也都离不开对模具状态的分析，尤其是在以下几个方面：

1）对冲压件出现的质量问题(如毛刺、起皱、拉裂等)找出解决问题的办法。

2）根据现有条件为新零件制订冲压工序，即确定模具的基本结构和类型。

3）判断新制模具的结构尺寸，用类比法确定模具的镂空系数（模具的理论或实际重量/根据模具外形尺寸计算出来的重量），计算出模具的重量，或根据模具的结构确定模具复杂系数，以估算模具的价格。

4）制订新模具，尤其是外协制造的模具的技术协议。

5）对新制模具进行调试和验收。

6）对模具不合理的地方作出改进，如增加前托料装置，以减轻工人进料时的劳动强度。

7）对外来模具作设备匹配性改造。

2. 设备（见图 1-2）

冲压的三要素之一，这里主要是指压力机。

冲压设备从广义上来说，除了压力机械，还包括冲压所需要的一切机械类动力装备，如废料输送线、剪板机、桥式起重机、生产线上用的皮带运输机、跨线转运用的平板车，装模具用的升降车，以及叉车等。作为工艺技术人员，在工作中要做到以下几点：

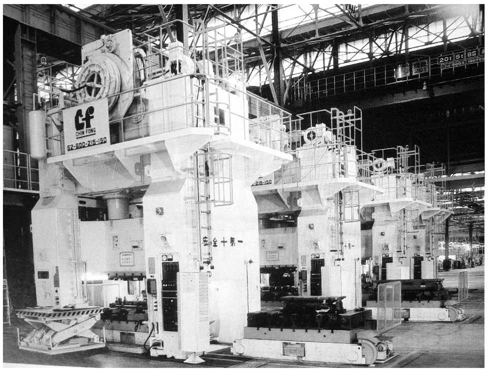


图 1-2　大型冲压设备

1）了解设备的基本结构和工作原理，以便更好地使用设备。

2）了解压力机械的工艺性能指标，如装模范围、压力范围等，以确定模具是否与设备匹配，并监督使用，避免压力超限及出现模具安装问题。

3）根据所用模具类型、生产线的特点及设备负荷，提出和制订新购压力机的工艺参数，并与设备管理人员合作编写设备采购技术协议。

4）根据现有和预增的生产需求，提出和制订新增各类设备和装备的工艺参数。

5）监督各项设备的使用，避免超限使用。

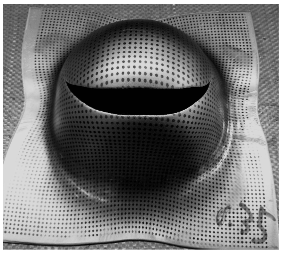
3. 材料

冲压三要素之一，冲压用材料主要是金属薄板。

冲压用材料有多种类型和多种冲压级别，材料之间的差别很大，因此，作为冲压工艺技术人员，要了解常用材料的各项性能指标。

材料的性能决定了模具的工艺设计，或者说，什么样的冲压件形状、模具和设备决定了用什么材料。有的产品结构要求材料必须具有一定的强度，如汽车梁类零件，为保证其承载性，冲压材料要选用高强板。

如果冲压模具和设备已调整到最佳状态，现用材料即使用了拉深油，仍处于成形极限临界状态，那就要考虑在能够满足冲压件使用要求的前提下，换用拉深性能高一到两个级别的材料。



4. 工位器具

简单地说，就是装零件的架子，分为通用和专用两种。其功能要能满足冲压件易放和易取，空间利用率高，不损伤冲压件质量，可叠放，以及能运输、好管理的要求。

工位器具的实质是指冲压生产中所需要的各种框架设施，包括工人操作时所使用的脚踏板、活动小桌等。除了装零件的工位器具有一定的限定条件外，其他的设施都没有固定的模式，可以根据实际需要来制作。

5. 辅具、辅料

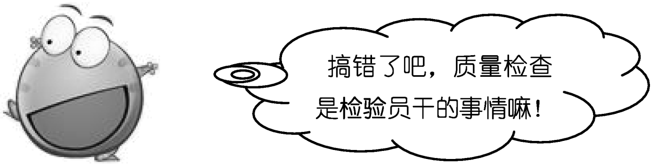
辅具：冲压生产中所需要的各种工具和用具，如用于锁模具的螺栓和螺母、托杆等。

辅料：冲压生产中所需要的各种消耗品，如拉深油、油石等。

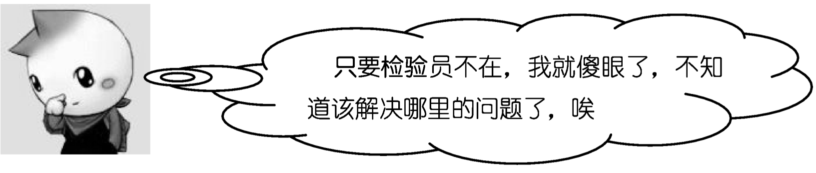
辅具、辅料要列出清单。辅具的清单要列出单位用量，根据实际情况可以以每千台为单位；辅料的清单要列出单位消耗量，如汽车车身生产，平均每台份消耗拉深油 0. 53kg。

6. 质量检验

是指对冲压零件进行质量判断，并对有质量问题的冲压件进行分类处理。



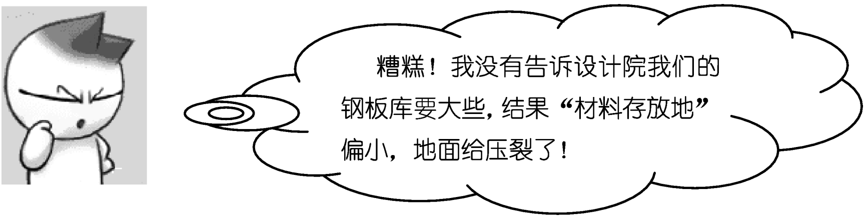
冲压件质量检验的依据是检验标准。检验标准要根据产品的需要而定，对没有特殊要求的冲压件，按行业标准执行。



7. 工艺规划

冲压工艺规划就是根据工厂对产品产量的规划纲领及投入资金，设计和规划所要用的厂房、模具、生产率、设备生产线类型及数量、备料工段、模具维修工段、工艺平面布置、物流、水电气供给、人员配额等。

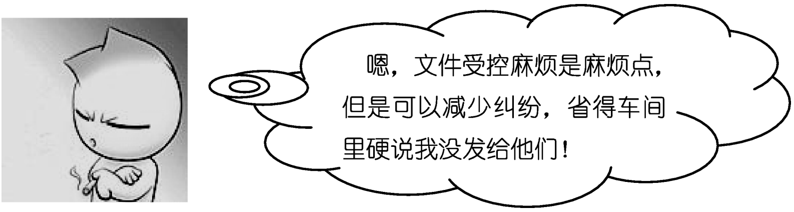
一般新建一个冲压厂，或工厂扩建，都要请设计院对工厂整体作一个规划设计，尤其是汽车冲压件厂。为了有效合理地做好工厂的设计规划，用户要根据自身的实际情况做一个规划草案，以便设计院全面地了解用户的情况。



8. 各种工艺技术文件

主要是指指导和配合生产用的各类技术文件和图样，有“冲压工艺卡”、“作业指导书”、“检验基准书”、“工时清单”、“材料清单”、“模具图样”等。

如果工厂运行了 ISO9000 或汽车行业的 TS16949 质量管理体系，主要的工艺技术文件都要处于受控状态。



思　　考

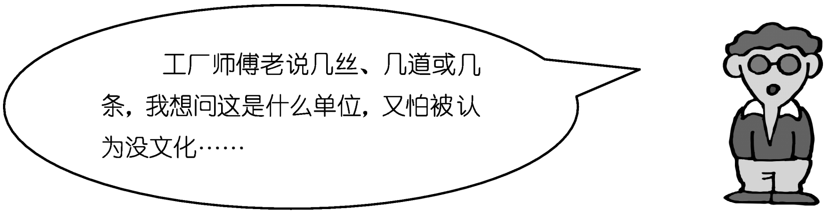
1. 广义的冲压工艺主要都有哪些方面的内容？
2. 冲压技术人员是否有必要会检验零件质量？
3. 冲压规划主要包括哪几方面？

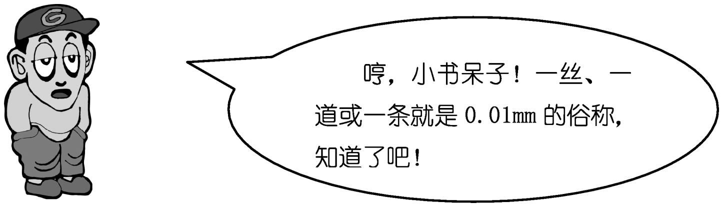
1.2　冲压常用单位如何换算

1. 长度单位换算(见表 1-1)

表 1-1　长度单位换算

法定计量单位					非法定计量单位	
m	cm	mm	μm	nm	ft	in
1	100	1000	10^6	10^9	3.28084	39.3701
0.01	1	10	10^4	10^7	0.03281	0.3937
0.001	0.1	1	1000	10^6	0.003281	0.03937
10^{-6}	10^{-4}	10^{-3}	1	1000	3.281×10^{-6}	3.937×10^{-5}
10^{-9}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-3}	1	3.281×10^{-9}	3.937×10^{-8}
0.3048	30.48	304.8	3.048×10^5	3.048×10^8	1	12
0.0254	2.54	25.4	2.54×10^4	2.54×10^7	0.08333	1





2. 面积单位换算(见表 1-2)

表 1-2　面积单位换算

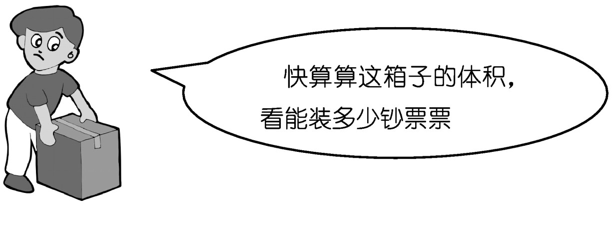
法定计量单位		非法定计量单位	
m^2	cm^2	ft^2	in^2
1	10^4	10. 7639	1.550×10^3
10^{-4}	1	1.0764×10^{-3}	0. 1550
9.2903×10^{-2}	9.2903×10^2	1	1.44×10^2
6.4516×10^{-4}	6. 4516	6.944×10^{-3}	1

3. 体积单位换算(见表 1-3)

表 1-3　体积、容积单位换算

法定计量单位		非法定计量单位	
m^3	L	ft^3	in^3
1	10^3	35. 31	6.1024×10^4
10^{-3}	1	35.31×10^{-2}	0.61024×10^2
2.83168×10^{-2}	28. 3168	1	1.728×10^3
1.6387×10^{-5}	1.6387×10^{-2}	5.787×10^{-4}	1

注：$1mL=1cm^3=1cc$，$1L=1000mL$。



4. 质量单位换算（见表 1-4）

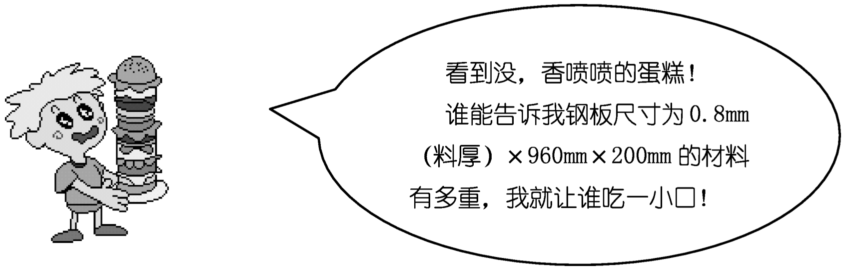
表 1-4　质量单位换算

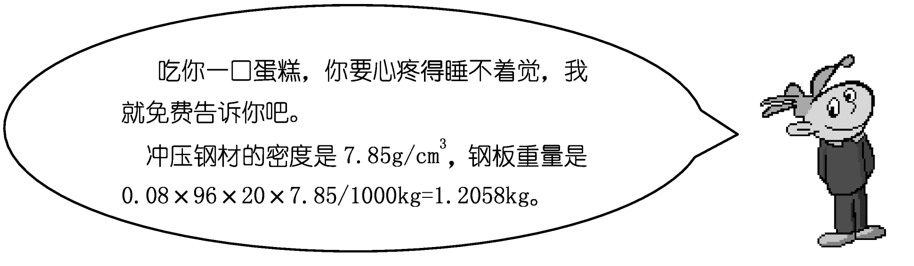
法定计量单位		非法定计量单位	
t	kg	g	lb
1	10^3	10^6	2.2046×10^3
10^{-3}	1	1000	2.2046
10^{-6}	10^{-3}	1	2.2046×10^{-3}
4.536×10^{-4}	0.4536	453.6	1

5. 密度单位换算（见表 1-5）

表 1-5　密度单位换算

法定计量单位		非法定计量单位
g/cm^3	kg/m^3	lb/ft^3
1	10^3	62.428
10^{-3}	1	6.2428×10^{-2}
1.6018×10^{-2}	16.018	1





6. 功率单位换算（见表 1-6）

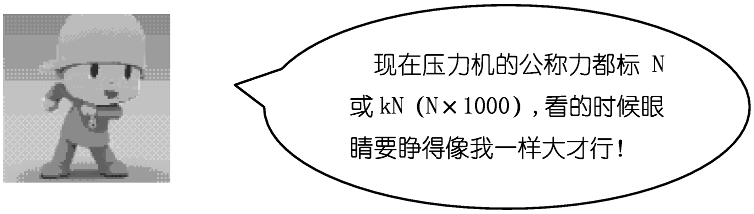
表 1-6　功率单位换算表

法定计量单位		非法定计量单位		
W	kW	kgf · m/s	[米制]马力	英马力 hp
1	10^{-3}	0.10197	1.3596×10^{-3}	1.3405×10^{-3}
9.8067	9.807×10^{-3}	1	0.01333	0.01315
735.499	0.7355	75	1	0.9863
754.7	0.7457	76.04	1.014	1
1000	1	101.97	1.3596	1.3405

7. 力的单位换算(见表 1-7)

表 1-7　力的单位换算

法定计量单位	非法定计量单位	单位换算
N	kgf	1kgf = 9.80665N≈10N 1t≈10000N = 10kN
1	0.10197	
10^{-5}	1.0197×10^{-6}	
9.80665	1	
4.4482	0.4536	



8. 压力、应力单位换算(见表 1-8)

表 1-8　压力、应力单位换算

法定计量单位		非法定计量单位		
Pa 或 N/m^2	MPa 或 N/mm^2	kgf/mm^2	工程大气压 at	标准大气压 atm
1	10^{-6}	1.02×10^{-7}	1.02×10^{-5}	9.87×10^{-6}
10^6	1	0.102	10.2	9.87
9.807×10^6	9.807	1	100	9.68×10^{-5}
98067	9.807×10^{-2}	0.01	1	0.968
101325	0.101325	1.0332×10^{-2}	1.0332	1

9. 力矩单位换算(见表 1-9)

表 1-9　力矩单位换算

法定计量单位	非法定计量单位	
N · m	kgf · m	lbf · ft
1	0.10197	0.7376
9.80665	1	7.23301
1.356	0.13826	1

10. 常用希腊字母及读音(见表 1-10)

表 1-10　希腊字母及读音

字母		汉字注音读法	字母		汉字注音读法	字母		汉字注音读法
大写	小写		大写	小写		大写	小写	
A	α	阿尔法	I	l	约塔	P	ρ	若
B	β	贝塔	K	κ	卡帕	Σ	σ	西格玛
Γ	γ	嘎马	Λ	λ	兰姆达	T	τ	套
Δ	δ	德尔塔	M	μ	米尤	Υ	υ	宇普西龙
E	ε	艾普西龙	N	ν	钮	Φ	φ	费衣
Z	ζ	仄塔	Ξ	ξ	克西	X	χ	喜
H	η	艾塔	O	o	奥密克戎	Ψ	ψ	普西
Θ	θ	西塔	Π	π	派	Ω	ω	欧米嘎

思　　考

1. 5N 等于多少千克力?
2. 1MPa 等于每平方毫米多少千克力?
3. 20 道等于多少毫米?
4. 15.2 英寸等于多少毫米?
5. 厚 1.2mm、宽 920mm、长 1022mm 的钢板重量是多少千克?

1.3　冲压有哪些常用公差配合

1.3.1　基本概念

1）基孔制：基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制中的孔称为基准孔，其基本偏差代号为 H(下极限偏差为零)。

2）基轴制：基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。基轴制中的轴为基准轴，其基本偏差代号为 h(上极限偏差为零)。

3）上极限偏差：上极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。孔的上极限偏差用“ES”表示，轴的上极限偏差用“es”表示。

4）下极限偏差：下极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。孔的下极限偏差用“EI”表示，轴的下极限偏差用“ei”表示。

5）标准公差：标准公差是国家标准规定用于确定公差带大小的任一公差。表示符号为“IT”。标准公差分为 20 个等级，分别用 IT01、IT0、IT1 ~ IT18 表示，IT01 要求最高，IT18 最低，具体数值可查 GB/T 1800.3—2009)。

6）表面粗糙度：轮廓算术平均偏差 *Ra* 和轮廓最大高度 *Rz* 的评定值。参见 1.3.3 内容。

1. 基本偏差系列图

基本偏差系列图如图 1-3 所示。大写字母代表孔，小写字母代表轴，轴和孔各有 28 个偏差。

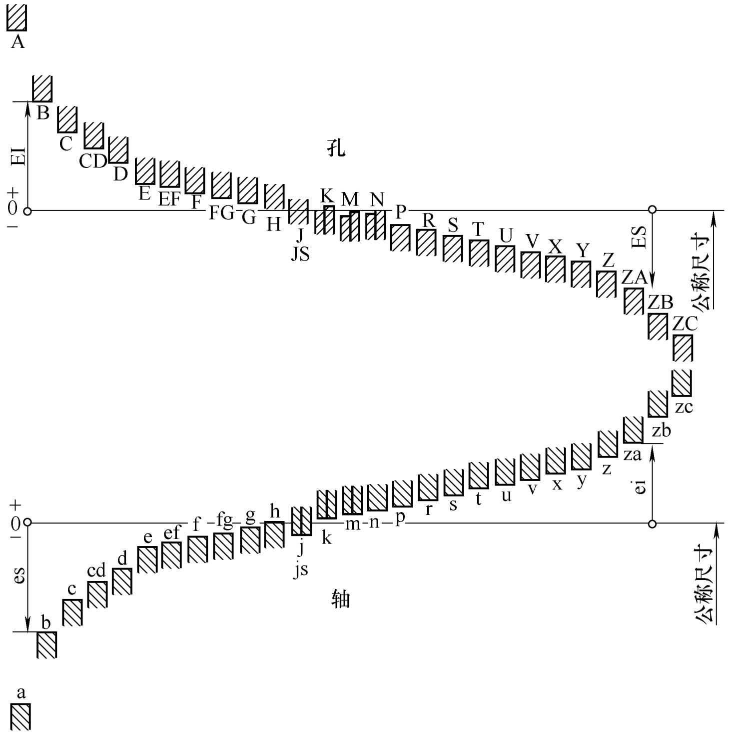
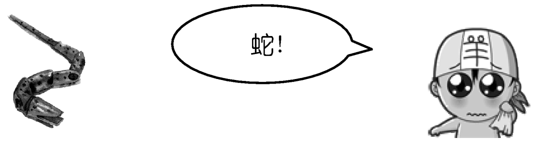


图 1-3　基本偏差系列图



2. 尺寸与偏差的关系(见图 1-4)

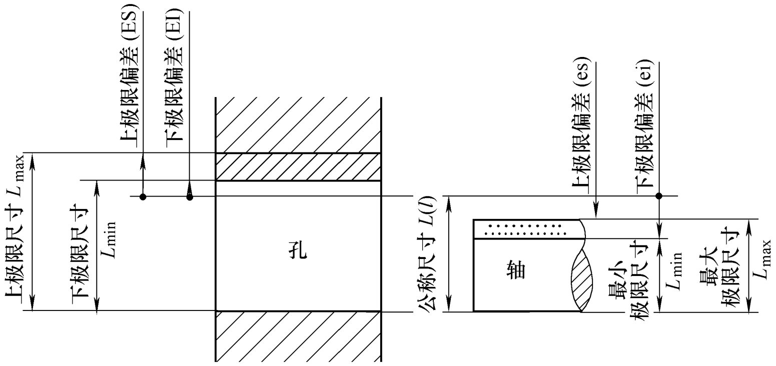


图 1-4　尺寸与偏差的关系

3. 尺寸偏差与公差的关系(见图 1-5)

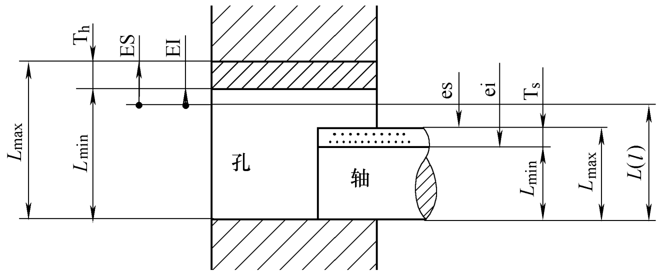
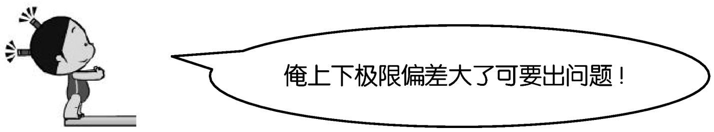


图 1-5　尺寸偏差与公差的关系

注：孔的公差用“Th”表示，轴的公差用“Ts”表示。



4. 间隙配合、过盈配合、过渡配合(见图 1-6 ~ 图 1-8)

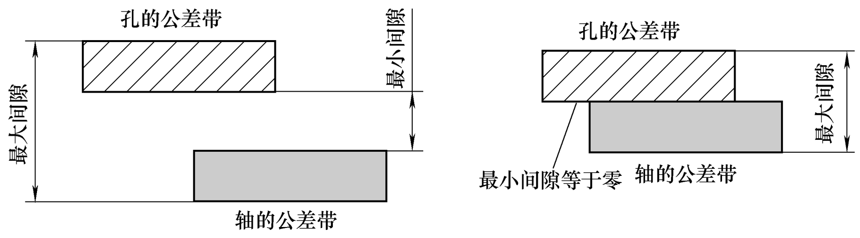


图 1-6　间隙配合

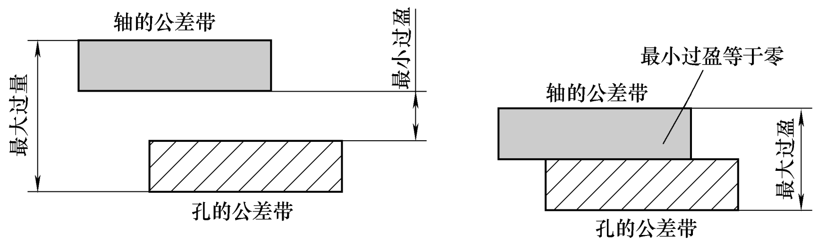


图 1-7　过盈配合

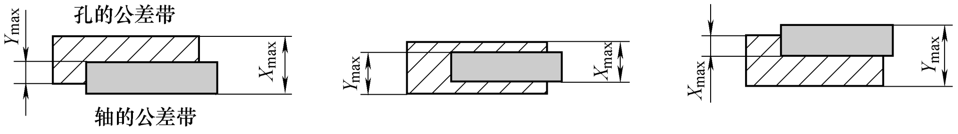
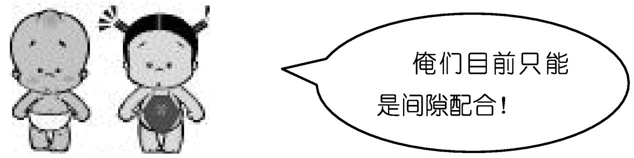


图 1-8　过渡配合



1.3.2　公差与配合的代号示例

公差与配合的数值可以查国标获得。公差与配合代号的含义见表 1-11。

表 1-11　公差与配合代号的含义

实　　例	表 示 意 义
ϕ10b6	公称尺寸 ϕ10mm，公差等级 6 级，基本偏差为 b 的基孔制间隙配合的轴
ϕ10k8	公称尺寸 ϕ10mm，公差等级 8 级，基本偏差为 k 的基孔制过渡配合的轴
ϕ10u6	公称尺寸 ϕ10mm，公差等级 6 级，基本偏差为 u 的基孔制过盈配合的轴
ϕ10h7	1）公称尺寸 ϕ10mm，公差等级 7 级，基本偏差为 h 的基轴制的基准轴 2）公称尺寸 ϕ10mm，公差等级 7 级，基本偏差为 h 的基孔制间隙配合的轴
ϕ20F7	公称尺寸 ϕ20mm，公差等级 7 级，基本偏差为 F 的基轴制间隙配合的孔
ϕ20Js6	公称尺寸 ϕ20mm，公差等级 6 级，基本偏差为 Js 的基轴制过渡配合的孔
ϕ20T8	公称尺寸 ϕ20mm，公差等级 8 级，基本偏差为 T 的基轴制过盈配合的孔
ϕ20H5	1）公称尺寸 ϕ20mm，公差等级 5 级，基本偏差为 H 的基孔制的基准孔 2）公称尺寸 ϕ20mm，公差等级 5 级，基本偏差为 H 的基轴制间隙配合的孔
$\phi 30\,\frac{H7}{g6}$	公称尺寸 ϕ30mm，基孔制（分子是 H），公差等级孔是 7 级，轴是 6 级，基本偏差孔是 H，轴是 g 的间隙配合
$\phi 30\,\frac{H7}{k6}$	公称尺寸 ϕ30mm，基孔制（分子是 H），公差等级孔是 7 级，轴是 6 级，基本偏差孔是 H，轴是 k 的过渡配合
$\phi 30\,\frac{H7}{s6}$	公称尺寸 ϕ30mm，基孔制（分子是 H）公差等级孔是 7 级，轴是 6 级，基本偏差孔是 H，轴是 s 的过盈配合
$\phi 30\,\frac{H11}{h11}$	1）公称尺寸 ϕ30mm，基孔制（分子是 H），公差等级孔是 11 级，轴是 11 级，基本偏差孔是 H，轴是 h 的间隙配合 2）公称尺寸 ϕ30mm，基轴制（分母是 h），公差等级孔是 11 级，轴是 11 级，基本偏差孔是 H，轴是 h 的间隙配合 3）公称尺寸 ϕ30mm，基轴制（分母是 h），公差等级孔是 11 级，轴是 11 级，基本偏差孔是 H，轴是 h 的基准件配合（间隙配合性质）
$\phi 40\,\frac{D9}{h9}$	公称尺寸 ϕ40mm，基轴制（分母是 h），公差等级孔轴都是 9 级，基本偏差孔是 D，轴是 h 的间隙配合
$\phi 40\,\frac{M7}{h6}$	公称尺寸 ϕ40mm，基轴制（分母是 h），公差等级孔是 7 级，轴是 6 级，基本偏差孔是 M，轴是 h 的过渡配合
$\phi 40\,\frac{U7}{h6}$	公称尺寸 ϕ40mm，基轴制（分母是 h），公差等级孔是 7 级，轴是 6 级，基本偏差孔是 U，轴是 h 的过盈配合

1. 公差等级应用参考（见表 1-12）

表 1-12　公差等级的应用参考表

应　用	IT 等级																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
量块	△	△	△																	
量规			△	△	△	△	△	△	△											
配合尺寸							△	△	△	△	△	△	△	△	△					
精密配合				△	△	△	△													
非配合														△	△	△	△	△	△	△

2. 国标规定的优先配合的种类(见表 1-13 和表 1-14)

表 1-13　基孔制优先常用配合表

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合			过盈配合									
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$					
H7						$\frac{H7}{f6}$	◤$\frac{H7}{g6}$	◤$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	◤$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	◤$\frac{H7}{n6}$	◤$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	◤$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	◤$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$
H8					$\frac{H8}{e7}$	◤$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	◤$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$													
H9			$\frac{H9}{c9}$	◤$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		◤$\frac{H9}{h9}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	◤$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				◤$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：1. $\frac{H6}{n5}$和$\frac{H7}{p6}$在公称尺寸≤ϕ3mm 及$\frac{H8}{r7}$在公称尺寸≤ϕ100mm 时为过渡配合。

2. 标注为◤的配合为优先配合。

表 1-14 基轴制优先常用配合表

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合			过盈配合									
h5						F6/h5	G6/h5	H6/h5	Js6/h5	K6/h5	M6/h5	N6/h5	P6/h5	R6/h5	S6/h5	T6/h5					
h6						F7/h6	◤G7/h6	◤H7/h6	Js7/h6	◤K7/h6	M7/h6	◤N7/h6	◤P7/h6	R7/h6	◤S7/h6	T7/h6	◤U7/h6				
h7					E8/h7	◤F8/h7		◤H8/h7	Js8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7									
h8				D8/h8	E8/h8	F8/h8		H8/h8													
h9				◤D9/h9	E9/h9	F9/h9		◤H9/h9													
H10				D10/h10				H10/h10													
H11	A11/h11	B11/h11	◤C11/h11	D11/h11				◤H11/h11													
H12		B12/h12						H12/h12													

注：标注为◤的配合为优先配合。

3. 日本 JIS B 0401(1998)标准(节选)

目前国内很多模具标准件是采用日本的公差配合标准，见表 1-15 和表 1-16。

表 1-15 常用配合孔尺寸公差[摘自日本 JIS B 0401(1998)]

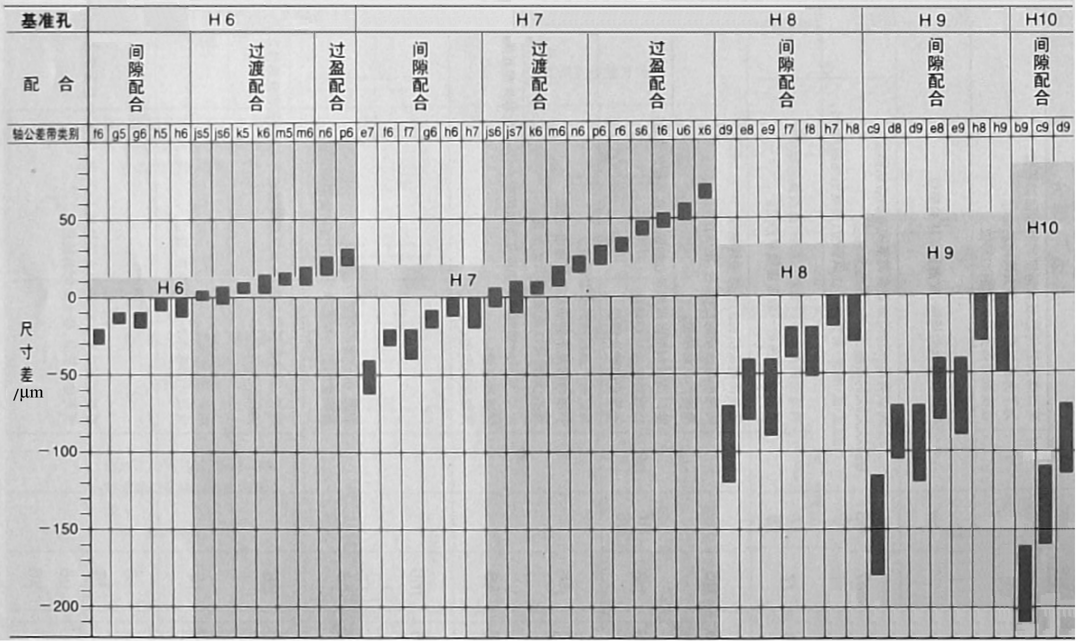
►常用基孔制配合

基准孔	轴公差带类别																
	间隙配合							过渡配合			过盈配合						
H6						g5	h5	js5	k5	m5							
					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6①	p6①					
H7					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6①	r6①	s6	t6	u6	x6
				e7	f7		h7	js7									
H8					f7		h7										
				e8	f8		h8										
			d9	e9													
H9			d8	e8			h8										
		c9	d9	e9			h9										
H10	b9	c9	d9														

① 由于尺寸区段不同有另外的情况。

表 1-16　常用基孔制配合时公差带关系表

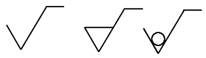
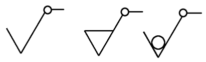
（图中所示为公称尺寸等于 30mm 的情形）［摘自日本 JIS B 0401（1998）］



1.3.3　表面粗糙度

表面粗糙度的符号见表 1-17。

表 1-17　表面粗糙度的符号

符　　号	意义及说明
	基本符号，表示表面可用任何方法获得。当不加注表面粗糙度参数值或有关说明（如表面处理、局部热处理状况）时，仅适用于简化代号标注
	表示表面是用去除材料的方法获得，如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	表示表面是用不去除材料的方法获得，如铸、锻、冲压变形、热轧、粉末冶金等，或者是用于保持原供应状况的表面（包括保持上道工序的状况）
	在三类符号的长边上均可加一横线，用于标注有关参数和说明
	表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求

公差等级与表面粗糙度 Ra 的对应关系见表 1-18。

表 1-18　公差等级与 *Ra* 的对应关系

公差等级 IT	轴		孔	
	公称尺寸/mm	表面粗糙度代号	公称尺寸/mm	表面粗糙度代号
5	<6	√Ra 0.1	<6	√Ra 0.1
	>6～30	√Ra 0.2	>6～30	√Ra 0.2
	>30～180	√Ra 0.4	>30～180	√Ra 0.4
	>180～500	√Ra 0.8	>180～500	√Ra 0.8
6	<10	√Ra 0.2	<50	√Ra 0.4
	>10～80	√Ra 0.4		
	>80～250	√Ra 0.8	>50～250	√Ra 0.8
	>250～500	√Ra 1.6	>250～500	√Ra 1.6
7	<6	√Ra 0.4	<6	√Ra 0.4
	>6～120	√Ra 0.8	>6～80	√Ra 0.8
	>120～500	√Ra 1.6	>80～500	√Ra 1.6
8	<3	√Ra 0.4	<3	√Ra 0.4
	>3～50	√Ra 0.8	>3～30	√Ra 0.8
	>50～500	√Ra 1.6	>30～250	√Ra 1.6
			>250～500	√Ra 3.2
9	<6	√Ra 0.8	<6	√Ra 0.8
	>6～120	√Ra 1.6	>6～120	√Ra 1.6
	>120～400	√Ra 3.2	>120～400	√Ra 3.2
	>400～500	√Ra 6.3	>400～500	√Ra 6.3
10	<10	√Ra 1.6	<10	√Ra 1.6
	>10～120	√Ra 3.2	>10～180	√Ra 3.2
	>120～500	√Ra 6.3	>180～500	√Ra 6.3
11	<10	√Ra 1.6	<10	√Ra 1.6
	>10～120	√Ra 3.2	>10～120	√Ra 3.2
	>120～500	√Ra 6.3	>120～500	√Ra 6.3
12	<80	√Ra 3.2	<80	√Ra 3.2
	>80～250	√Ra 6.3	>80～250	√Ra 6.3
	>250～500	√Ra 12.5	>250～500	√Ra 12.5
13	<30	√Ra 3.2	<30	√Ra 3.2
	>30～120	√Ra 6.3	>30～120	√Ra 6.3
	>120～500	√Ra 12.5	>120～500	√Ra 12.5

注：由于测量标准的不同，表面粗糙度分有算术平均粗糙度 *Ra*，十点平均粗糙度 *Rz*，最大粗糙度 *Ry* 几种测量值，我们优先选用的是 *Ra*。

表 1-19 是表面粗糙度与表面光洁度的对照。

表 1-19　表面粗糙度与表面光洁度对照

表面粗糙度 GB1031-1983	0.012	0.025	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50
表面光洁度	▽13	▽12	▽11	▽10	▽9	▽8	▽7	▽6	▽5	▽4	▽3	▽2	▽1

思　　考

1. IT10 是否比 IT3 的要求高？
2. ϕ30 H7/k6 是什么意思？
3. 公差等级为 8 级，公称直径为 53mm 的孔的表面粗糙度应为多少？

1.4　材料硬度如何换算

硬度是衡量金属材料软硬程度的性能指标，它既可理解为材料抵抗弹性变形、塑性变形或破坏的能力，也可表述为材料抵抗残余变形和反破坏的能力。硬度不是一个简单的物理概念，而是材料的弹性、塑性、强度和韧性等力学性能的综合指标。

1. 硬度的基本概念

材料局部抵抗硬物压入其表面的能力称为硬度。

2. 硬度测量的基本方法

固体对外界物体入侵的局部抵抗能力，是比较各种材料软硬的指标。由于规定了不同的测试方法，所以有不同的硬度标准。各种硬度标准的力学含义不同，因此相互不能直接换算，但可通过试验加以对比。

硬度测量方法分为以下几种：

1）划痕硬度。主要用于比较不同矿物的软硬程度。方法是选一根一端硬一端软的棒，将被测材料沿棒划过，根据出现划痕的位置确定被测材料的软硬。定性地说，硬物体划出的划痕长，软物体划出的划痕短。

2）压入硬度。主要用于金属材料。方法是用一定的载荷将规定的压头压入被测材料，以材料表面局部塑性变形的大小测量被测材料的软硬。由于压头、载荷以及载荷持续时间的不同，压入硬度有多种，主要是布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度和显微硬度等。

3）回跳硬度。主要用于金属材料。方法是使一特制的从一定高度自由下落的小锤冲击用被测材料制作的试样，并以试样在冲击过程中储存（继而释放）应变能的多少（通过小锤的回跳高度测定）确定材料的硬度。

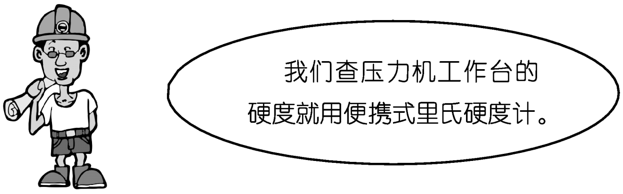
除了以上借助于硬度试验机、硬度仪比较准确地测量硬度外，生产实际中试验钢铁硬度还用到经验法（锉试法）：即用锉刀在工件边缘上锉擦，由其表面所呈现的擦痕深浅以判定其硬度的高低。这种方法要求操作者的经验较丰富，并且只能是对硬度作粗略地判断。

3. 硬度的种类及特征（见表 1-20）

表 1-20　硬度的种类及特征

硬度种类	特　征	适 用 范 围	硬度测定原理
洛氏硬度 HR	压痕较小，适用范围广泛，是冲压模具零件中最常用的硬度试验方法	A 标尺：硬质合金 B 标尺：退火钢 C 标尺：硬化钢 D 标尺：渗碳钢	试验方法是用一个顶角为 120°的金刚石圆锥体或球形压头，在一定载荷下压入被测材料表面，由压痕深度求出材料的硬度
维氏硬度 HV	被广泛使用于渗碳层、渗氮层等薄层或薄片试样等的硬度测定	表面硬化层(镀覆层、高频感应淬火层、渗碳层)或用洛氏硬度计不能测量的薄板或小部件	将对面夹角 136°的正四棱锥体金刚石压头用一定的试验力压入试样表面，保持规定时间后，卸除试验力，测量试样表面压痕对角线长度，求出材料的硬度
布氏硬度 HBW	具有较高的测量精度，压痕面积大，能在较大范围内反映材料的平均硬度，测得的硬度值也较准确，数据重复性强	生产中常用布氏硬度法测定经退火、正火和调质的钢件，以及铸铁、有色金属、低合金结构钢毛坯或半成品的硬度	是用一定大小的试验力(通常是以 3000kgf① 的压力,把淬火钢球或硬质合金球压入被测金属的表面,保持规定时间后卸除试验力,用读数显微镜测出压痕的平均直径 d(mm)，求出材料的布氏硬度
肖氏硬度 HS	装置小，易于搬运，测量方便，与其他测量方法相比压痕小，但容易产生测量误差和人为误差，要求测试者操作熟练	适用于中大型工件，例如大型结构件、铸件、锻件、曲轴、轧辊、特大型齿轮、机床导轨等工件	应用弹性回跳法将撞销从一定高度落到所试材料的表面上，用测得的撞销回跳的高度来表示硬度
里氏硬度 HL	里氏硬度是压入式和回跳式组合的一种测试方式，可成批检验并不破坏工件，已成为产品质量检查、制订合理工艺和分析产品质量的重要实验方法之一，具有其他类型硬度计不可替代的优势	便携式硬度计可以方便地测量大中型设备及形状复杂的工件的硬度	用规定质量的冲击体以一定的速度冲击试样表面，计算冲头在距离试样表面 1mm 处的回弹速度与冲击速度之比值，再乘以 1000 来表示硬度

① kgf 为非法定计量单位，1kgf = 9. 80665N。



几种硬度值之间的换算见表 1-21。

表 1-21　硬度换算表［摘自 SAE J417（1983）］

洛氏硬度 HRC 载荷 60kgf 金刚石圆锥压头	维氏硬度 HV	布氏硬度 HBW 10mm 球 载荷 3000kgf		洛氏硬度			洛氏表面硬度 金刚石圆锥压头			肖氏硬度 HS	抗拉强度（近似值）/MPa
		标准球	碳化钨球	（HRA）A 标尺 载荷 60kgf 金刚石圆锥压头	（HRB）B 标尺 载荷 100kgf 径 1.6mm（1/16in①）球	（HRD）D 标尺 载荷 100kgf 金刚石圆锥压头	15-N 标尺 载荷 15kgf	30-N 标尺 载荷 30kgf	45-N 标尺 载荷 45kgf		
[68]	[940]	—	—	[85.6]	—	[76.9]	[93.2]	[84.4]	[75.4]	97	—
[67]	[900]	—	—	[85.0]	—	[76.1]	[92.9]	[83.6]	[74.2]	95	—
[66]	[865]	—	—	[84.5]	—	[75.4]	[92.5]	[82.8]	[73.3]	92	—
[65]	[832]	—	(739)	[83.9]	—	[74.5]	[92.2]	[81.9]	[72.0]	91	—
[64]	[800]	—	(722)	[83.4]	—	[73.8]	[91.8]	[81.1]	[71.0]	88	—
[63]	[772]	—	(705)	[82.8]	—	[73.0]	[91.4]	[80.1]	[69.9]	87	—
[62]	[746]	—	(688)	[82.3]	—	[72.2]	[91.1]	[79.3]	[68.8]	85	—
[61]	[720]	—	(670)	[81.8]	—	[71.5]	[90.7]	[78.4]	[67.7]	83	—
[60]	[697]	—	(654)	[81.2]	—	[70.7]	[90.2]	[77.5]	[66.6]	81	—
[59]	[674]	—	(634)	[80.7]	—	[69.9]	[89.8]	[76.6]	[65.5]	80	—
[58]	[653]	—	[615]	[80.1]	—	[69.2]	[89.3]	[75.7]	[64.3]	78	—
[57]	[633]	—	[595]	[79.6]	—	[68.5]	[88.9]	[74.8]	[63.2]	76	—
[56]	[613]	—	[577]	[79.0]	—	[67.7]	[88.3]	[73.9]	[62.0]	75	—
[55]	[595]	—	[560]	[78.5]	—	[66.9]	[87.9]	[73.0]	[60.9]	74	2075
[54]	[577]	—	[543]	[78.0]	—	[66.1]	[87.4]	[72.0]	[59.8]	72	2015
[53]	[560]	—	[525]	[77.4]	—	[65.4]	[86.9]	[71.2]	[58.6]	71	1950
[52]	[544]	(500)	[512]	[76.8]	—	[64.6]	[86.4]	[70.2]	[57.4]	69	1880
[51]	[528]	(487)	[496]	[76.3]	—	[63.8]	[85.9]	[69.4]	[56.1]	68	1820
[50]	[513]	(475)	[481]	[75.9]	—	[63.1]	[85.5]	[68.5]	[55.0]	67	1760
[49]	[498]	(464)	[469]	[75.2]	—	[62.1]	[85.0]	[67.6]	[53.8]	66	1695
[48]	[484]	[451]	[455]	[74.7]	—	[61.4]	[84.5]	[66.7]	[52.5]	64	1635
[47]	[471]	[442]	[443]	[74.1]	—	[60.8]	[83.9]	[65.8]	[51.4]	63	1580
[46]	[458]	[432]	[432]	[73.6]	—	[60.0]	[83.5]	[64.8]	[50.3]	62	1530
[45]	[446]	[421]	[421]	[73.1]	—	[59.2]	[83.0]	[64.0]	[49.0]	60	1480
[44]	[434]	[409]	[409]	[72.5]	—	[58.5]	[82.5]	[63.1]	[47.8]	58	1435
[43]	[423]	[400]	[400]	[72.0]	—	[57.7]	[82.0]	[62.2]	[46.7]	57	1385
[42]	[412]	[390]	[390]	[71.5]	—	[56.9]	[81.5]	[61.3]	[45.5]	56	1340
[41]	[402]	[381]	[381]	[70.9]	—	[56.2]	[80.9]	[60.4]	[44.3]	55	1295
[40]	[392]	[371]	[371]	[70.4]	—	[55.4]	[80.4]	[59.5]	[43.1]	54	1250
[39]	[382]	[362]	[362]	[69.9]	—	[54.6]	[79.9]	[58.6]	[41.9]	52	1215
[38]	[372]	[353]	[353]	[69.4]	—	[53.8]	[79.4]	[57.7]	[40.8]	51	1180

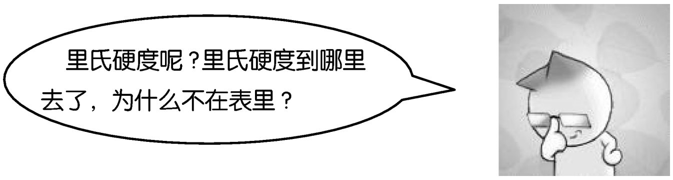
（续）

洛氏硬度 HRC 载荷 60kgf 金刚石圆锥压头	维氏硬度 HV	布氏硬度 HBW 10mm 球 载荷 3000kgf		洛氏硬度			洛氏表面硬度 金刚石圆锥压头			肖氏硬度 HS	抗拉强度（近似值）/MPa
		标准球	碳化钨球	（HRA）A 标尺 载荷 60kgf 金刚石圆锥压头	（HRB）B 标尺 载荷 100kgf 径 1.6mm (1/16in①)球	（HRD）D 标尺 载荷 100kgf 金刚石圆锥压头	15-N 标尺 载荷 15kgf	30-N 标尺 载荷 30kgf	45-N 标尺 载荷 45kgf		
[37]	[363]	[344]	[344]	[68.9]	—	[53.1]	[78.8]	[56.8]	[39.6]	50	1160
[36]	[354]	[336]	[336]	[68.4]	(109.0)	[52.3]	[78.3]	[55.9]	[38.4]	49	1115
[35]	[345]	[327]	[327]	[67.9]	(108.5)	[51.5]	[77.7]	[55.0]	[37.2]	48	1080
[34]	[336]	[319]	[319]	[67.4]	(108.0)	[50.8]	[77.2]	[54.2]	[36.1]	47	1055
[33]	[327]	[311]	[311]	[66.8]	(107.5)	[50.0]	[76.6]	[53.3]	[34.9]	46	1025
[32]	[318]	[301]	[301]	[66.3]	(107.0)	[49.2]	[76.1]	[52.1]	[33.7]	44	1000
[31]	[310]	[294]	[294]	[65.8]	(106.0)	[48.4]	[75.6]	[51.3]	[32.5]	43	980
[30]	[302]	[286]	[288]	[65.3]	(105.5)	[47.7]	[75.0]	[50.4]	[31.3]	42	950
[29]	[294]	[279]	[279]	[64.7]	(104.5)	[47.0]	[74.5]	[49.5]	[30.1]	41	930
[28]	[286]	[271]	[271]	[64.3]	(104.0)	[46.1]	[73.9]	[48.6]	[28.9]	41	910
[27]	[279]	[264]	[264]	[63.8]	(103.0)	[45.2]	[73.3]	[47.7]	[27.8]	40	880
[26]	[272]	[258]	[258]	[63.3]	(102.5)	[44.6]	[72.8]	[46.8]	[26.7]	38	860
[25]	[266]	[253]	[253]	[62.8]	(101.5)	[43.8]	[72.2]	[45.9]	[25.5]	38	840
[24]	[260]	[247]	[247]	[62.4]	(101.0)	[43.1]	[71.6]	[45.0]	[24.3]	37	825
[23]	[254]	[243]	[243]	[62.0]	100.0	[42.1]	[71.0]	[44.0]	[23.1]	36	805
[22]	[248]	[237]	[237]	[61.5]	99.0	[41.6]	[70.5]	[43.2]	[22.0]	35	785
[21]	[243]	[231]	[231]	[61.0]	98.5	[40.9]	[69.9]	[42.3]	[20.7]	35	770
[20]	[238]	[226]	[226]	[60.5]	97.8	[40.1]	[69.4]	[41.5]	[19.6]	34	760
(18)	230	219	219	—	96.7	—	—	—	—	33	730
(16)	222	212	212	—	95.5	—	—	—	—	32	705
(14)	213	203	203	—	93.9	—	—	—	—	31	675
(12)	204	194	194	—	92.3	—	—	—	—	29	650
(10)	196	187	187	—	90.7	—	—	—	—	28	620
(8)	188	179	179	—	89.5	—	—	—	—	27	600
(6)	180	171	171	—	87.1	—	—	—	—	26	580
(4)	173	165	165	—	85.5	—	—	—	—	25	550
(2)	166	158	158	—	83.5	—	—	—	—	24	530
(0)	160	152	152	—	81.7	—	—	—	—	24	515

注：1. 表中[ ]内数值摘自 ASTM E 140 表 1。

2. 表中( )内数值属于不常用的范围，仅作参考。

① 1in = 25.4mm。



D 型冲击装置里氏硬度换算表见表 1-22 和表 1-23。

表 1-22　D 型冲击装置里氏硬度换算表(一)(节选)(GB/T 17394—1998)

碳钢、低合金钢和铸钢($E \approx 210000 N/mm^2$)

HL	HRC	HRB	HV	HBW[1] ($F=30D^2$)	HBW[2] ($F=30D^2$)	HS	HL	HRC	HRB	HV	HBW[1] ($F=30D^2$)	HBW[2] ($F=30D^2$)	HS
490		93.1	203	196	209	30.9	558	28.1		275	267	270	40.5
492		93.5	205	198	211	31.2	560	28.4		278	269	272	40.8
494		93.9	207	200	212	31.5	562	28.8		280	272	274	41.1
496		94.3	209	202	214	31.7	564	29.1		282	274	276	41.4
498		94.6	211	204	215	32.0	566	29.4		285	276	278	41.7
500		95.0	213	205	217	32.2	568	29.7		287	279	280	42.0
502		95.4	215	207	219	32.5	570	30.0		290	281	282	42.3
504		95.8	217	209	220	32.8	572	30.3		292	283	285	42.6
506		96.2	219	211	222	33.1	574	30.6		294	286	287	42.9
508		96.6	221	213	224	33.3	576	30.9		297	288	289	43.2
510	19.8	97.0	223	215	225	33.6	578	31.2		299	291	292	43.5
512	20.2	97.4	225	217	227	33.9	580	31.5		302	293	294	43.8
514	20.6	97.9	227	219	229	34.2	582	31.8		304	296	296	44.1
516	21.0	98.3	229	221	230	34.4	584	32.1		307	298	299	44.4
518	21.4	98.7	231	223	232	34.7	586	32.4		309	301	301	44.7
520	21.7	99.2	233	225	234	35.0	588	32.7		312	303	304	45.0
522	22.0	99.6	235	227	235	35.3	590	33.0		315	306	308	45.4
524	22.4		237	229	237	35.6	592	33.3		317	308	310	45.7
526	22.8		239	231	239	35.8	594	33.6		320	311	313	46.0
528	23.1		241	234	241	36.1	596	33.9		322	314	315	46.3
540	25.2		255	246	252	37.9	598	34.2		325	316	318	46.6
542	25.5		257	249	254	38.1	600	34.5		328	319	320	46.9
544	25.8		259	251	256	38.4	602	34.8		330	322	323	47.2
546	26.2		261	253	258	38.7	604	35.1		333	324	325	47.5
548	26.5		264	255	259	39.0	606	35.4		336	327	328	47.8
550	26.8		266	258	261	39.3	608	35.7		338	330	331	48.2
552	27.1		268	260	263	39.6	610	35.9		341	332	333	48.5
554	27.5		270	262	265	39.9	612	36.2		344	335	336	48.2
556	27.8		273	265	268	40.2	614	36.5		346	338	339	49.1

（续）

HL	HRC	HRB	HV	HBW[1] ($F=30D^2$)	HBW[2] ($F=30D^2$)	HS	HL	HRC	HRB	HV	HBW[1] ($F=30D^2$)	HBW[2] ($F=30D^2$)	HS
616	36.8		349	340	341	49.4	686	46.2		456	445		60.9
618	37.1		352	343	344	49.7	688	46.5		459	448		61.2
620	37.4		355	346	346	50.1	690	46.8		463	451		61.6
622	37.6		357	349	349	50.4	692	47.0		466	455		61.9
624	37.9		360	351	352	50.7	694	47.3		469	458		62.2
626	38.2		363	354	355	51.0	696	47.5		473	461		62.6
628	38.5		366	357	357	51.4	698	47.8		476	465		62.9
630	38.7		369	360		51.7	700	48.0		480	468		63.3
632	39.0		372	363		52.0	702	48.3		483	471		63.6
634	39.3		375	366		52.3	704	48.6		487	474		64.0
636	39.6		377	369		52.6	706	48.8		491	478		64.3
638	39.8		380	371		52.9	708	49.1		494	481		64.6
640	40.1		383	374		53.3	710	49.3		498	485		65.0
642	40.4		386	377		53.6	712	49.6		501	488		65.3
644	40.7		389	380		53.9	714	49.8		505	491		65.7
646	40.9		392	383		54.2	716	50.1		509	495		66.0
648	41.2		395	386		54.6	718	50.3		513	498		66.4
650	41.5		398	389		54.9	720	50.6		516	502		66.7
652	41.7		401	392		55.2	722	50.8		520	505		67.1
654	42.0		404	395		55.6	724	51.1		524	508		67.4
656	42.3		407	398		55.8	726	51.4		528	512		67.8
658	42.6		411	401		56.2	728	51.6		532	515		68.2
660	42.8		414	404		56.5	730	51.8		535	519		68.5
662	43.1		417	407		56.9	732	52.1		539	522		68.9
664	43.4		420	410		57.2	734	52.3		543	526		69.2
666	43.6		423	413		57.5	736	52.6		547	529		69.6
668	43.9		426	417		57.9	738	52.8		551	533		69.9
670	44.1		429	420		58.2	740	53.1		555	536		70.3
672	44.4		433	423		58.5	742	53.3		559	540		70.7
674	44.7		436	426		58.9	744	53.6		563	543		71.0
676	44.9		439	439		59.2	746	53.8		568	547		71.4
678	45.2		442	442		59.5	748	54.1		572	551		71.8
680	45.5		446	435		59.9	750	54.3		576	554		72.1
682	45.7		449	439		60.2	752	54.5		580	558		72.5
684	46.0		452	442		60.5	754	54.8		584	561		72.9

（续）

HL	HRC	HRB	HV	HBW[1]（$F=30D^2$）	HBW[2]（$F=30D^2$）	HS	HL	HRC	HRB	HV	HBW[1]（$F=30D^2$）	HBW[2]（$F=30D^2$）	HS
756	55.0		589	565		73.2	818	62.1		739			85.3
758	55.3		593	569		73.6	820	62.3		745			85.7
760	55.5		597	572		74.0	822	62.5		750			86.1
762	55.7		602	576		74.3	824	62.7		756			86.5
764	56.0		606	580		74.7	826	62.9		762			87.0
766	56.2		610	583		75.1	828	63.1		768			87.4
768	56.5		615	587		75.5	830	63.3		773			87.8
770	56.7		619	591		75.8	832	63.5		779			88.2
772	56.9		624	594		76.2	834	63.7		785			88.6
774	57.2		628	598		76.6	836	63.9		791			89.1
776	57.4		633	602		77.0	838	64.1		797			89.5
778	57.6		638	605		77.4	840	64.3		803			89.9
780	57.9		642	609		77.7	842	64.5		809			90.4
782	58.1		647	613		78.1	844	64.7		816			90.8
784	58.3		652	617		78.5	846	64.9		822			91.2
786	58.6		657	620		78.9	848	65.1		828			91.7
788	58.8		662	624		79.3	850	65.3		835			92.1
790	59.0		666	628		79.7	852	65.4		841			92.6
792	59.2		671	632		80.1	854	65.6		848			93.0
794	59.5		676	635		80.5	856	65.8		854			93.5
796	59.7		681	639		80.9	858	66.0		861			93.9
798	59.9		686	643		81.2	860	66.2		867			94.4
800	60.1		691	647		81.6	862	66.3		874			94.8
802	60.4		697	651		82.0	864	66.5		881			95.3
804	60.6		702			82.4	866	66.7		888			95.7
806	60.8		707			82.8	868	66.8		895			96.2
808	61.0		712			83.2	870	67.0		902			96.7
810	61.2		718			83.7	872	67.2		909			97.1
812	61.4		723			84.1	874	67.3		916			97.6
814	61.7		728			84.5	876	67.5		923			98.1
816	61.9		734			84.9	878	67.6		931			98.6

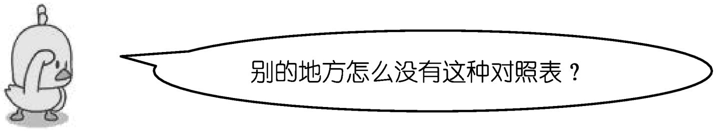


表 1-23　D 型冲击装置里氏硬度换算表(二)(节选)(GB/T 17394—1998)

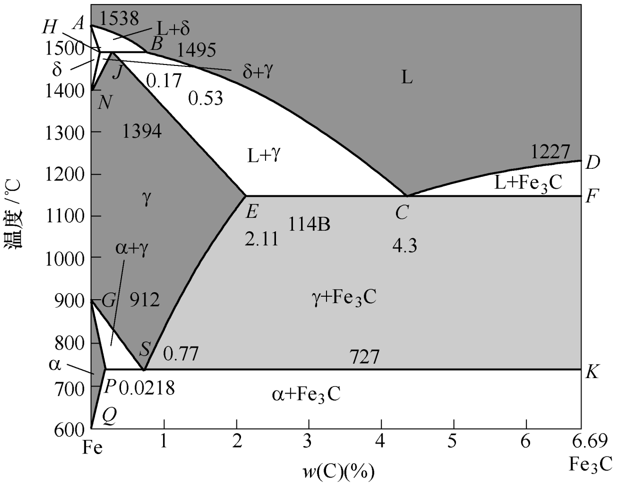
HL	GG HBW ($F=30D^2$)	GGG HBW ($F=30D^2$)	HL	GG HBW ($F=30D^2$)	GGG HBW ($F=30D^2$)	HL	GG HBW ($F=30D^2$)	GGG HBW ($F=30D^2$)
460	155	170	510	196	211	560	241	262
462	156	171	512	198	213	562	243	264
464	158	173	514	200	215	564	245	266
466	160	174	516	201	217	566	247	268
468	161	176	518	203	219	568	249	271
470	163	177	520	205	221	570	251	273
472	164	179	522	207	223	572	253	275
474	166	181	524	208	225	574	255	277
476	168	182	526	210	227	576	257	280
478	169	184	528	212	229	578	259	282
480	171	185	530	214	230	580	261	284
482	172	187	532	216	232	582	263	286
484	174	189	534	217	234	584	265	289
486	176	190	536	219	236	586	266	291
488	177	192	538	221	239	588	268	293
490	179	194	540	223	241	590	270	296
492	181	195	542	225	243	592	272	298
494	182	197	544	227	245	594	274	301
496	184	199	546	228	247	596	276	303
498	186	201	548	230	249	598	278	305
500	188	202	550	232	251	600	280	308
502	189	204	552	234	253	602	283	310
504	191	205	554	236	255	604	285	313
506	193	208	556	238	257	606	287	315
508	194	210	558	240	260	608	289	318

1.5　钢的热处理工艺主要有哪些

1.5.1　钢的热处理原理

1. 铁碳相图(见图 1-9)

铁碳相图中各点的温度、含碳量及含义见表 1-24，铁碳相图中的特性线见表 1-25。



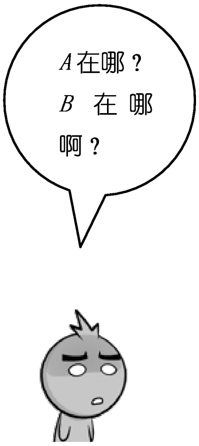


图 1-9　铁碳相图

表 1-24　铁碳相图中各点的温度、含碳量及含义

点	温度/℃	w(C)(%)	含　　义
A	1538	0	纯铁的熔点
B	1495	0.53	包晶转变时液态合金的成分
C	1148	4.30	共晶点 $L_C \to A_E + Fe_3C$
D	1227	6.69	Fe_3C 的熔点
E	1148	2.11	碳在 γ-Fe 中的最大溶解度
F	1148	6.69	Fe_3C 的成分
G	912	0	α-Fe→γ-Fe 同素异构转变点(A_3)
H	1495	0.09	碳在 δ-Fe 中的最大溶解度
J	1495	0.17	包晶点 $L_B + \delta_H \to A_J$
K	727	6.69	Fe_3C 的成分
N	1394	0	γ-Fe→δ－Fe 同素异构转变点(A_4)
P	727	0.0218	碳在 α-Fe 中的最大溶解度
S	727	0.77	共析点(A_1)$A_S \to Fe + Fe_3C$
Q	600	0.0057	600℃时碳在 α-Fe 中的溶解度

表 1-25　Fe-Fe_3C 相图中的特性线

特　性　线	含　　义
ABCD	液相线
AHJECFD	固相线
AC	铁碳合金的液相线，液态合金开始结晶出奥氏体
CD	铁碳合金的液相线，液态合金开始结晶出渗碳体
AE	铁碳合金的固相线，即奥氏体的结晶终了线

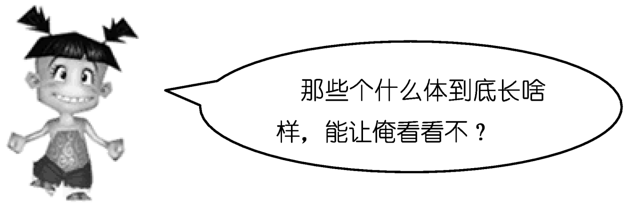
（续）

特　性　线	含　　义
ECF	铁碳合金的固相线，即 $L_C \rightarrow A_E + Fe_3C$ 共晶转变线
ES	碳在 γ-Fe 中的固溶度曲线，又叫做 A_{cm} 线
GS	奥氏体转变为铁素体的开始线，或者是加热时，铁素体溶入奥氏体的终止线，又称为 A_3 线
PQ	碳在 α-Fe 中的固溶度曲线

2. 铁碳相图中相的含义及特征（见表 1-26）

表 1-26　铁碳相图中各相的符号、名称及特征

符号	相的名称	相的含义及特征
L	液相	碳溶于液态铁中的溶液
δ	δ 固溶体	碳溶于 δ-Fe 中的固溶体
γ	奥氏体	碳溶于 γ-Fe 中而形成的固溶体，具有面心立方晶格。γ-Fe 的溶碳能力比 α-Fe 大得多，所以奥氏体的最大含碳量（质量分数,后同）（1147℃时）可达 2.06%。奥氏体无磁性，其力学性能一般随含碳量变化而变化。由于它是具有面心立方晶格的固溶体，所以不论含碳量的多少，塑性都很好。只有在 727℃以上，在铁碳合金的平衡组织中才能看到奥氏体。奥氏体在缓慢冷却时会转变成为铁素体等其他组织。例如在温度降至 727℃时，含碳量为 0.80% 的奥氏体会变成珠光体
α	铁素体	碳溶解在 α-Fe 中形成的固溶体，具有体心立方晶格。α-Fe 的溶碳能力随温度而变化。在 727℃时铁素体的含碳量最大，达 0.0218%；在常温下，则几乎为零。铁素体由于含碳量极小，所以也称为纯铁体，其性能也与纯铁极为相似，即强度、硬度很低，而塑性、韧性很高，在 770℃以下有磁性
Fe_3C	渗碳体	铁与碳形成的化合物 Fe_3C，含碳量高达 6.69%，晶格非常复杂，其性能特点是硬度大、脆性大、强度低、塑性几乎为零
P	珠光体	含碳量 0.77%，是由铁素体和渗碳体所组成的机械混合物，其中铁素体和渗碳体之比约为 7:1。在显微镜下，当放大倍数较高时，能清楚地看到珠光体中渗碳体呈条状分布；在放大倍数较低时，珠光体呈层片状特征。由于珠光体是由硬而脆的渗碳体片与软而韧的铁素体片彼此相间组成的机械混合物，因此其性能介于两者之间。珠光体只存在于 727℃以下，当温度高于 727℃时，它就变成了奥氏体
Ld	莱氏体	莱氏体含碳量 4.3%，在温度高于 727℃时，是渗碳体和奥氏体的机械混合物；在温度低于 727℃时，是渗碳体和珠光体的机械混合物。莱氏体中有大量渗碳体，所以又硬又脆



铁碳相图中各相的显微组织如图 1-10 ~ 图 1-15 所示。

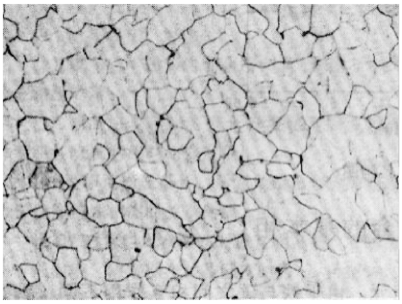


图 1-10　铁素体显微组织

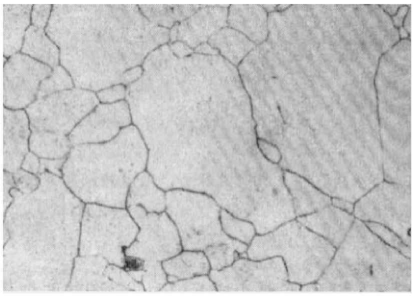


图 1-11　奥氏体显微组织

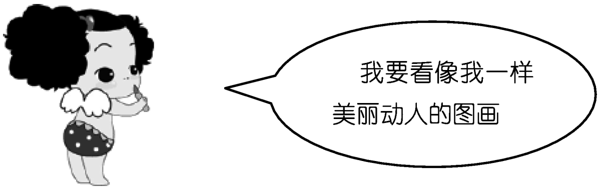


图 1-12　片状珠光体显微组织

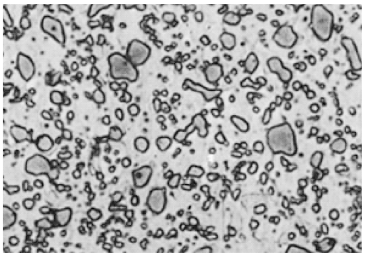


图 1-13　球状珠光体显微组织

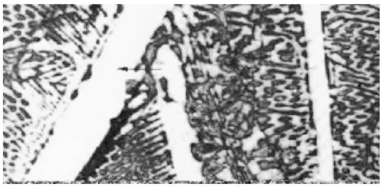


图 1-14　渗碳体显微组织

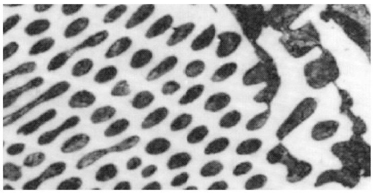


图 1-15　莱氏体显微组织

另外还有两种常见的组织形态，一种是马氏体(见图 1-16)，一种是贝氏体(见图 1-17)。

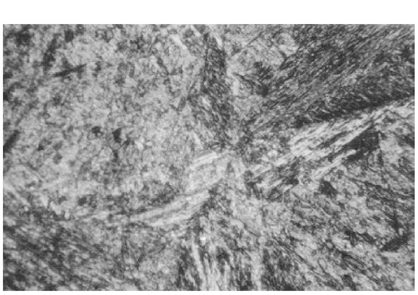


图 1-16　铸钢中的板条状马氏体显微组织

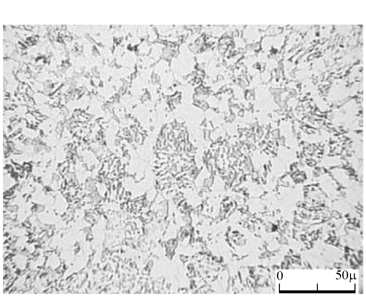


图 1-17　中低碳钢中的贝氏体的显微组织

1）马氏体：将钢加热到一定温度（形成奥氏体）后经迅速冷却（淬火），得到的能使钢变硬、增强的一种淬火组织。

马氏体（M）是碳溶于 α-Fe 的过饱和固溶体，是奥氏体通过无扩散型相变转变成的亚稳定相。其比体积大于奥氏体、珠光体等组织，这是产生淬火应力并导致变形开裂的主要原因。

马氏体主要存在于中碳钢及高碳钢的组织中。

2）贝氏体：过冷奥氏体钢的中温（350～550℃）转变产物，是 α-Fe 和 Fe_3C 的复相组织。

贝氏体的转变温度介于珠光体转变与马氏体转变之间，在贝氏体转变温度偏高区域的转变产物称为上贝氏体，外观形似羽毛状，冲击韧度较差；在贝氏体转变温度偏低温度区域的转变产物称为下贝氏体，该组织具有较高的韧性。在硬度相同的情况下，贝氏体组织的耐磨性能明显优于马氏体。

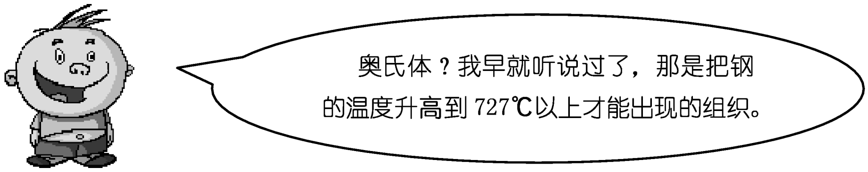
1.5.2　钢的常用热处理概念

（1）退火　将钢加热到所需的温度并经过一定时间保温，然后缓慢冷却，一般是在炉内随炉降温（冷却）。

退火分为完全退火、等温退火、不完全退火、均匀化退火和低温退火。

1）完全退火：把钢加热到奥氏体转变温度，使原来的组织全部转变为奥氏体并使成分均匀，然后缓慢冷却。

完全退火主要用于含碳量低于 0.8% 的钢，目的是细化晶粒和降低硬度。耐热钢、不锈耐酸钢、薄钢板的生产均需退火工艺。完全退火还用于铸件或锻件。



2）等温退火：把钢加热到奥氏体转变温度，保温后快速冷却至 727℃以下某一温度并保温，直到奥氏体全部分解为止，然后在空气中冷却。奥氏体等温分解温度越低，得到的钢的组织越细，硬度也越高。

3）不完全退火：把钢加热到 670～780℃并保温，然后缓慢冷却。其目的除细化晶粒和消除内应力外，主要是使钢中的片状珠光体转变为粒状珠光体。

不完全退火通常采用的措施有：将钢加热到 740～760℃，然后冷却到 680～700℃，再升温到 740～760℃，然后冷却到 680～700℃，如此反复 3～4 次，最后缓慢冷至室温。这种方法称为球化退火。球化退火主要用于含碳量高于 0.8% 的钢，可以得到球化珠光体，用来改善钢的性能和为以后淬火作好组织准备。

4）均匀化退火：把钢加热到 1050～1150℃的高温，然后保温 10～20h，再缓慢冷却。

均匀化退火主要用于钢锭或大型铸件，消除铸造结晶过程中所发生的偏析，这种方法旧称扩散退火。均匀化退火虽然消除了化学成分的不均匀性，但会引起晶粒长大，故一般在均匀化退火后还必须进行一次完全退火，以细化晶粒，提高塑性。

5）低温退火（也叫再结晶退火）：将冷变形钢加热到 600～700℃，保温后在空气中冷

却，使钢发生再结晶，以消除加工硬化，恢复塑性。

将钢的焊接件加热到500～650℃，保温后缓慢冷却到300℃，再在空气中冷却，以消除内应力。这一操作也称为消除内应力退火。

（2）正火　正火是将钢加热到所需的温度，经过一定时间的保温，在静止的空气中冷却。正火的冷却速度较退火稍快，得到的组织是较细的珠光体。

低碳钢通过正火细化晶粒，提高钢的硬度，改善加工性能；中碳钢通过正火细化晶粒，为淬火作好组织准备；高碳钢用正火消除网状渗碳体，以便进行球化退火。

（3）淬火　将钢加热到一定温度下保温，然后进行快速冷却，淬火冷却介质一般为水或油。

淬火钢一般不能直接使用，必须经过回火处理，以便得到高的强度和韧性相结合的性能。碳素工具钢、合金工具钢、合金结构钢、弹簧钢、不锈钢等均应进行这种热处理工艺。

淬火分为以下几种方式：

1）单液淬火：把钢加热保温后，在一种淬火冷却介质中冷却。

这种方法应用较广，缺点是采用水为淬火冷却介质时，碳钢零件容易产生大的内应力，甚至开裂，若采用油冷又不能得到较高的硬度。

2）双液淬火：钢在淬火时，先在冷却能力强的淬火冷却介质中冷却，待钢冷却到300～400℃左右，迅速将钢转移到冷却能力较弱的淬火冷却介质中冷却（如先水后油），这种淬火方法叫双液淬火。

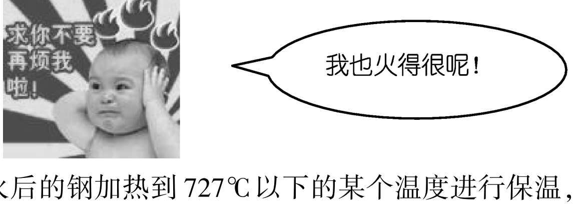
双液淬火能减少零件的内应力，避免变形或产生裂纹，被广泛地应用于高碳工具钢及其制成的零件。双液淬火对操作工的要求较高。

3）分级淬火：将钢加热保温后，先在稍高于马氏体转变温度的熔盐中冷却，在此温度停留一段时间，使零件温度均匀一致后，在贝氏体转变开始前，再移入另一种冷却介质（油或空气）中冷却至室温。分级淬火得到的仍是马氏体组织。

要注意的是：这种方法适用于形状复杂的合金钢零件，但不适用于大型碳钢零件。

4）等温淬火：将钢加热保温后，在稍高于马氏体转变温度（约250～350℃）进行淬火，在淬火冷却介质中停留一定的时间，直至奥氏体转变为贝氏体，再移出淬火冷却介质。这样处理的钢最终组织不是马氏体而是贝氏体。贝氏体组织的钢硬度较低，但韧性较好，在齿轮和弹簧中应用较多。

5）表面淬火：表面淬火分为火焰淬火和高频感应淬火，都可使零件的表面获得高硬度的马氏体组织，且零件的中心保持高韧性的原始组织。



（4）回火　将淬火后的钢加热到727℃以下的某个温度进行保温，然后在油中或空气中冷却。

回火是钢在淬火后必须进行的一道工序，其目的是减少或消除钢在淬火时产生的内应力，降低淬火钢的脆性，并获得较好的韧性和强度。

淬火钢的组织一般为马氏体加少量的残留奥氏体(在高碳钢中还有未溶解的渗碳体)。在回火过程中，马氏体析出极细小的碳化铁粒子，这时的马氏体称为回火马氏体。残留的奥氏体在回火过程中也分解成回火马氏体和碳化物。在高温下进行回火时，回火马氏体随碳化物的不断析出将重新转变为铁素体，并发生碳化物的聚集，这时钢的组织为高度分散的铁素体和渗碳体微粒的混合物。

回火可分为以下几种类型：

1）低温回火：回火温度在 150～250℃。

低温回火可部分消除零件在淬火时产生的内应力，降低钢的脆性，提高钢的韧性，同时使钢保持高的硬度。

低温回火一般用于切削工具、量具和冲压模具。

2）中温回火：回火温度在 350～450℃。

中温回火的钢可得到高的弹性和韧性，一般用于弹簧、发条、热冲模具等。

3）高温回火：回火温度在 500～650℃。

高温回火可以完全消除内应力，使零件得到高强度和一定的韧性。

（5）调质处理　淬火和高温(中温)回火相结合的工艺。

钢经过调质处理可以得到所需要的强度和韧性。适于调质处理的钢称为调质钢，一般指中碳钢和中碳合金钢，如 40 钢、30CrMnSiA 等。

（6）钢的化学热处理　是将钢放在活性介质中，加热到适当的温度并保温足够时间后，使钢件的表面渗入活性元素，以达到钢件表面的化学成分、组织和性能的改变。

以下是几种经常采用的化学热处理方法：

1）渗碳：在 900～950℃温度范围内，将渗碳剂中的碳渗入钢件表面的处理方式。

渗碳可分为固体渗碳、气体渗碳和液体渗碳。

渗碳钢一般为优质低碳钢和低碳合金结构钢。经过渗碳处理的钢表面有较高的耐磨性和接触疲劳强度。

2）渗氮：在 500～600℃温度范围内，将已调质并加工好的钢件放在含氮的介质(如氨气或熔融的碳氮共渗盐)中保持一定的时间，使介质分解，生成渗入钢件表面的新生氮的处理方式。

一般渗氮钢是含铝、铬和钼的中碳调质合金结构钢。钢件经过渗氮处理，表面硬度、耐磨性和耐蚀性以及抗回火软化能力都可得到提高。

3）碳氮共渗：在一定温度下，使碳和氮同时渗入钢件表面的处理方式。

在 550～650℃进行的碳氮共渗，为低温碳氮共渗或软碳氮共渗，适用于工具钢和高速钢；处理温度在 750～930℃进行的，为高温碳氮共渗，适用于低碳结构钢。

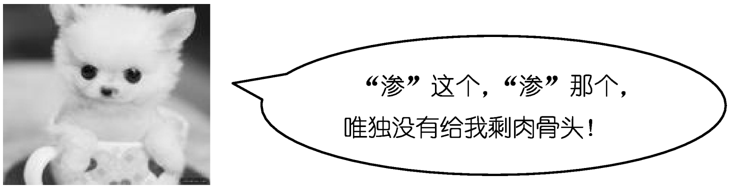
4）渗铝：使金属铝渗入钢件表面的处理方式。

低碳钢和某些合金钢，为了提高抗氧化性，可采用该处理方式。

5）渗铬：使金属铬渗入钢件表面的处理方式。

低碳钢和某些合金钢，为了提高表面耐蚀性和抗氧化性，可采用该处理方式。

还有一些其他化学热处理的方法，这里不再赘述。



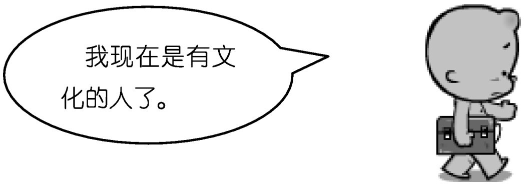
（7）时效处理　把经过冷加工变形一定程度的钢件，在室温或露天下放置半年以上的时间，或将钢加热到 100～150℃、铸铁加热到 500～600℃，经 8～15h 的保温，再缓慢冷却到室温的处理方式。时效处理能使钢的硬度和强度增加，塑性、韧性和内应力则有所降低，组织由亚稳定状态逐渐过渡到较稳定的状态。

（8）固溶处理

固溶处理把钢加热到适当的温度并经过一段相当长时间的保温，使钢中的某些组成物溶解到基体里形成均匀的固溶体，然后迅速冷却，使溶入的组成物保存在固溶体中的热处理方式。

思　　考

1. Fe-Fe_3C 中的 *AC* 线是什么线？
2. 铁素体在什么情况下出现？
3. 钢中的铁素体越多是否钢越硬？
4. 渗碳体的特点是什么？
5. 珠光体是否比渗碳体的塑性要好？
6. 高碳钢正火的目的是什么？
7. 铸件一般采用什么退火方式？
8. 冷冲模具使否要调质处理？
9. 钢在淬火后是不是就可以直接用了？
10. 渗碳有什么作用？
11. 工件加工后有内应力怎么办？

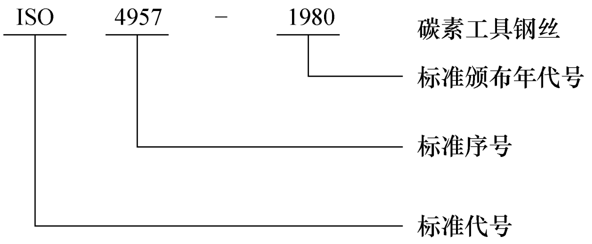


1.6　中外常用钢铁如何对照

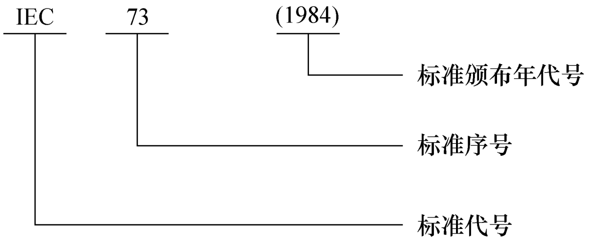
1.6.1　各国材料标准号的组成

1. 国际标准化组织（代号 ISO）

其标准号的组成全部是以标准代号＋序号＋年代号所组成。例如：



2. 国际电工委员会(代号 IEC)



3. 欧洲标准化委员会标准(代号 EN)

欧洲标准采用标准代号+标准序号+年代号的形式，也可在标准代号前加欧洲的三大官方语言：英语(BS)、法语(NF)、德语(DIN)，如 BS EN 10132-4：2000。

4. 美国标准(代号 ANSI)

美国标准采用标准代号+分类号(字母)+标准序号+年代号的编号方法。

美国材料与试验协会标准(代号 ASTM)，用年代表示版次。

5. 德国标准(代号 DIN)

标准编号方法：标准代号+标准序号+年代号。

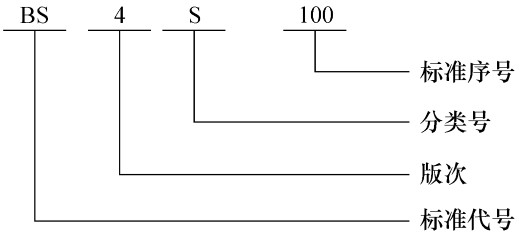
每条标准代号前不同代号的含义：

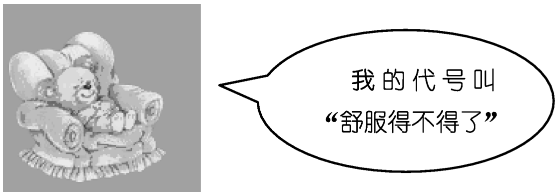
E 表示标准草案；▲表示上一年出版的标准；V 表示暂行标准；▲Z 表示上一年作废或被代替的文献；在年份号后边有 zur 者表示作废标准，有 ers 者为被代替的文献。

例如▲ZDIN61621 07. 68zur 在 1986 年的目录上出现，表示是 1985 年无代替的作废标准，是 1968 年 7 月制定的标准。

6. 英国标准(代号 BS)

BS 专业标准编号如下：





7. 日本工业标准(代号为 JIS)

JIS G 31 100 31

- 31:一般铆钉用钢的力学性能
- 31:年代号
- 100:小类标准序号
- 31:大类字母分类号(31 表示普通钢材)
- G:字母分类号(G 表示钢铁类)
- JIS:标准代号

8. 法国标准(代号为 NF)

NF A 50 - 411 - 1981

- 铝合金的力学性能
- 1981:年代号
- 411:标准序号
- 50:小分类号(以数值表示)
- A:大分类号(以字母表示)
- NF:标准代号

1.6.2 常用钢铁各国对照(见表 1-27 ~ 表 1-30)

表 1-27 常用碳素钢各国对照

中国 GB700(结构钢)	俄罗斯 TOCT380	美国 ASTM	英国 BS 4361	法国 NF A35-501	德国 DIN 17100-80	日本 JIS G3101:1995	EN/国际 ISO 630 1052
Q195	Cт1cп Cт1kп			A33	St33	SS330	Fe310-0
Q215(A)	Cт2cп	A283GRB		A34-2	St33	SS330	Fe310-0
	Cт2 kп	A113GRB A283GRB		A34-1	St33	SS330	Fe310-0
Q235	Cт3cп Cт3kп	A283GRC A306GR55		E24-2 (A37-2)	RSt37-2 St37-2	SS400	Fe360B(C)
Q255①	Cт4cп	A36GRB A131GBR A573GR58	GR40C GR43C	E26-2 (A42-2)	St44-2RSt42-2	SS400	Fe430B(C)
中国(优质钢)	俄罗斯 TOCT	美国 ASTM	英国 BS	法国 NF	德国 DIN	日本 JIS	国际 ISO
08F	08kл				UST12	SPCC	CR1
08AL(冷轧)					ST14	SPCE	CR3
10	10	1010	040A10 060A10	C10 XC10	C10 CK10	S10C	

（续）

中国(优质钢)	俄罗斯 TOCT	美国 ASTM	英国 BS	法国 NF	德国 DIN	日本 JIS	国际 ISO
25	25	1025	060A25 070M26	C25 XC25	C25 CK25	S25C	C25 C25E4 C25M2
45	45	1045	060A42 060A47	C45 XC45	C45 CK45	S45C	C45 C45E4 C45M2

① Q255 牌号在 GB/T 700—2006 中取消。

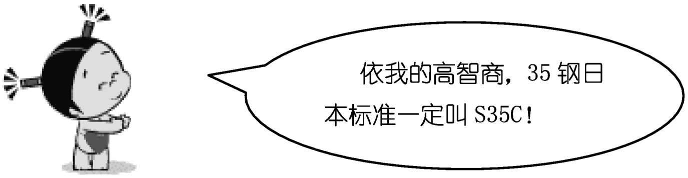


表 1-28　常用碳素工具钢各国对照

中国 GB1298	俄罗斯 TOCT1435	美国 ASTM A686	英国 BS 4659	法国 NF A35-590	德国 DIN 17350	日本 JIS G4401	国际 ISO 4951
T7	У7		RWB0. 7	Y1 70	C70W2 1. 1620	SK7	TC70
T8	У8	W1-0. 8C		Y1 80	C80W1 1. 1525	SK6	TC80
T10	У10	W1-9 $\frac{1}{2}$	BW1B	Y1 105	C105W2 1. 1645	SK4	TC105
T12	У12	W1-11 $\frac{1}{2}$	BW1C	Y1 120	C110W2 1. 1654	SK2	

表 1-29　常用合金钢各国对照

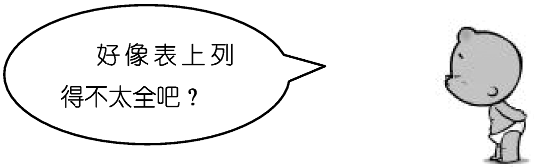
中国 GB1299 工具钢	俄罗斯 TOCT	美国 ASTM AISI	英国 BS	法国 NF	德国 DIN	日本 JIS	国际 ISO 683/1
Cr12	X12	D3	BD3	Z200C12	X210Cr12 1. 2436	SKD1	
Cr12MoV	X12M					SKD11	
Cr12Mo1V1		D2	BD2	Z160CDV12	X165CrMoV12 1. 2601	SKD11	

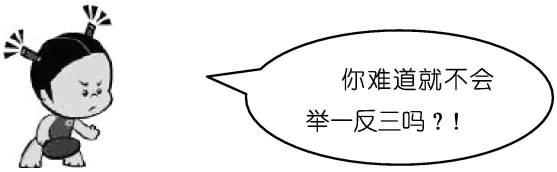
（续）

中国 GB1299 工具钢	俄罗斯 ТОСТ	美国 ASTM AISI	英国 BS	法国 NF	德国 DIN	日本 JIS	国际 ISO 683/1
CrWMn	ХВГ	O7			105WCr6 1. 2419	SKS31	
中国 GB1299 结构钢	**俄罗斯 ТОСТ**	**美国 ASTM AISI**	**英国 BS**	**法国 NF**	**德国 DIN**	**日本 JIS**	**国际 ISO 683/1**
20Cr	20X	5120	527A19 527M20	18C3 18C4	20Cr4	SCr22	683/11 20Cr4
40Cr	40X	5140	530A40 530M40	42C4	38Cr4 41Cr4	SCr4	683/1 4，4a，4b

表 1-30　常用铸铁各国对照

中国 GB	俄罗斯 ТОСТ	美国 ASTM AISI	英国 BS	法国 NF	德国 DIN	日本 JIS	国际 ISO
灰铸铁							
HT250	СЧ24-44	Class 35B		Ft. 25D	GG25	FC25	Cr. 25
HT350	СЧ36-56	Class 55B	Cr. 350	Ft. 35D	GG35	FC35	Cr. 35
球墨铸铁							
QT400-18	ВЧ 38-17	60-40-18	Cr. 370-17	FGS 370-17	GGG 40	FCD 40	Cr. 370-17
QT500-7	ВЧ 50-7 50-2	80-55-06	Cr. 500-7	FGS 500-7	GGG 50	FCD 45 50	Cr. 500-7





思　　考

1. **ASTM** 和 **NF** 分别是哪国的标准？
2. **S45C** 是哪国的材料标准，对应我国的是哪种材料？
3. **JIS** 标准中的 **G** 代表什么？

1.7　冲压常用专业软件有哪些

冲压技术人员除了要熟练掌握基础的通用软件 Word、Excel、Powerpoint 和 Photoshop 外，还要学会使用专业方面常用的绘图软件，如 AutoCAD、SolidWorks、CATIA、UG、Pro/E，以及 AutoForm、Parstm 等仿真成形分析软件。

1.7.1　常用绘图软件的特点简介

1. AutoCAD

AutoCAD(Auto Computer Aided Design)是美国 Autodesk 公司于 1982 年研发的计算机辅助设计软件，可用于二维绘图、详细绘制、设计文档和基本三维设计等方面，现已经成为国际上广为流行的绘图工具。

AutoCAD 具有良好的用户界面，通过交互菜单或命令行方式便可以进行各种操作，它的多文档设计环境让非计算机专业人员也能很快地学会使用该软件。

AutoCAD 软件具有如下特点：

1）具有完善的图形绘制功能。

2）具有强大的图形编辑功能，可创建 3D 实体及表面模型，能对实体本身进行编辑。

3）可以采用多种方式进行二次开发或用户定制。

4）可以进行多种图形格式的转换，具有较强的数据交换能力。

5）支持多种硬件设备。

6）支持多种操作平台。

7）具有通用性、易用性等特点，适用于各类用户。

2. SolidWorks

SolidWorks 软件是美国 1995 年推出的世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。在目前市场上所见到的三维 CAD 软件中，SolidWorks 是设计过程比较简单方便的软件之一。

SolidWorks 设计功能强大，且易学易用(对于熟悉微软 Windows 系统的用户,基本上就可以用 SolidWorks 来进行设计)。使用 SolidWorks，能够使得整个产品设计百分之百可编辑，并且零件设计、装配设计和工程图之间是全相关的。

（1）零件建模　SolidWorks 提供了无与伦比的、基于特征的实体建模功能。通过拉伸、旋转、薄壁特征、高级抽壳、特征阵列以及打孔等操作可实现产品的设计；通过对特征和草图的动态修改，用拖拽的方式可实现设计的实时修改；其三维草图功能，可为扫描、放样生成三维草图路径，或为管道、电缆、线和管线生成路径。

（2）曲面建模　通过带控制线的扫描、放样、填充，以及拖动可控制的相切操作产生的复杂曲面，可以直观地对曲面进行修剪、延伸、倒角和缝合等操作。

（3）钣金设计 SolidWorks具备了顶尖的、全相关的钣金设计能力，可以直接使用各种类型的法兰、薄片等特征，使得正交切除、角处理以及边线切口等钣金操作变得非常容易，并为用户提供了自由的、开放的、功能完整的开发工具。

（4）高级渲染 在Windows环境下，通过与三维机械设计软件的标准SolidWorks的无缝集成，使SolidWorks可以实现图1-18所示的高级渲染，从而有效地展示概念设计，减少样机的制作费用，并快速地将产品投放市场。

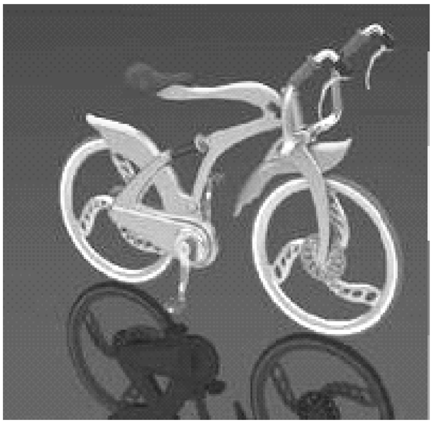


图1-18 SolidWorks的渲染效果图

SolidWorks因为简便易学（采用Windows技术，支持典型的“剪切、复制、粘贴”等操作）、价格比较便宜、出工程图非常方便，因而用户较多。

美国一些著名的大学，包括麻省理工学院、斯坦福大学等已经把SolidWorks列为制造专业的必修课，国内的一些大学（教育机构），如清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、上海教育局等也在使用SolidWorks进行教学。

3. CATIA

CATIA是法国达索公司开发的旗舰产品。模块化的CATIA系列产品旨在满足客户在产品开发活动中的需要，如风格和外形设计、机械设计、设备与系统工程管理、管理数字样机、机械加工、分析和模拟仿真等。

CATIA系列产品已经在汽车工业、航空航天、船舶制造、厂房设计、电力与电子、消费品和通用机械制造七大领域里成为首要的3D设计和模拟解决方案。

CATIA覆盖了产品开发的整个过程。从产品的概念设计到最终产品的形成，从单个零件的设计到最终电子样机的建立，CATIA以其精确可靠的解决方案提供了完整的2D、3D、参数化混合建模及数据管理手段。同时，作为一个完全集成化的软件系统，CATIA将机械设计、工程分析与仿真、数控加工和CATweb网络应用有机地结合在一起，为用户提供了严密的无纸工作环境，特别是针对汽车、摩托车行业的专用模块，使CATIA拥有了最广泛的专业覆盖面，并且帮助CATIA用户达到了缩短设计和生产周期、提高产品质量及降低费用的目的。

用CATIA设计软件完成的汽车造型和数字模型如图1-19和图1-20所示。

CATIA的曲面造型功能已经超越了所有CAD软件以及同类型软件。CATIA提供的解决方案，迎合所有大、中、小型企业的需要，从波音飞机、火箭发动机、汽车到化妆品的包装

盒，几乎涵盖了所有的制造业产品。

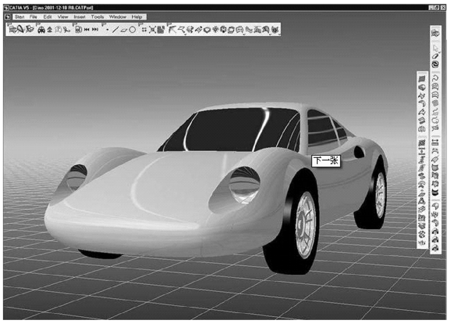


图 1-19　汽车造型

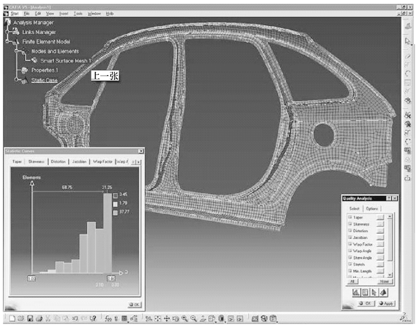


图 1-20　数字模型

CATIA 的用户包括波音公司、克莱斯勒公司、BMW 公司、梅赛德斯-奔驰公司等一大批知名企业，其用户群体在世界制造业中具有举足轻重的地位。仅从这一点不难看出，CATIA 在 CAD/CAE/CAM 领域占据了领先的地位。其中波音公司使用 CATIA，完成了波音 777 飞机全部零件的三维实体造型，并在计算机上对整个产品进行了全尺寸的预装配(预装配使得工程师不必再制造物理样机，并且在预装配的数字样机上即可检查和修改设计中的干涉和不协调等问题)。

CATIA 比较广泛地用于汽车、航空航天、轮船、军工、仪器仪表、建筑工程、电气管道、通信等方方面面。

4. UG NX

UG 是 Unigraphics 的缩写(版本号是在 UG NX 后面加阿拉伯数字)，是 Siemens PLM Software 公司出品的一个产品工程解决方案。UG 提高了 CAD/CAM/CAE 等全套基于过程的产品设计环境，使产品开发(从设计到加工)真正实现了数据的无缝集成。UG 软件功能强大，可以轻松地实现各种复杂实体及造型的建构，广泛用于产品设计、工程和制造等全范围的开发过程，目前已经成为航空、汽车、造船、电子、模具行业，尤其是汽车模具行业三维设计的主流软件。

UG NX 在高端领域与 CATIA 并驾齐驱。用 UG NX 绘制的数模如图 1-21 所示。

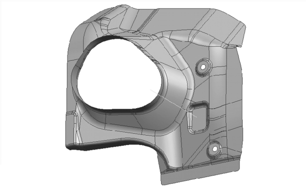


图 1-21　用 UG NX 绘制的数模

UG NX 加工基础模块可提供连接 UG 所有加工模块的基础框架，它为 UG NX 所有加工模块提供了一个相同的、界面友好的图形化窗口环境，用户可以在图形方式下观测刀具沿轨迹运动的情况，并可对其进行图形化修改，如对刀具轨迹进行延伸、缩短或修改等。该模块同时提供通用的点位加工编程功能，可用于钻孔、攻螺纹和镗孔等加工编程。该模块的交互界面可按用户需求进行灵活地用户化修改和剪切，并可定义标准化刀具库，加工工艺参数样

板库使初加工、半精加工、精加工等操作常用参数标准化，并优化加工工艺。UG 软件所有模块都可在实体模型上直接生成加工程序，并保持与实体模型全相关。

UG NX 的加工后置处理模块可使用户方便地建立自己的加工后置处理程序。该模块适用于目前世界上几乎所有的主流 NC 机床和加工中心，该模块在多年的应用实践中已经被证明适用于 2 ~5 轴或更多轴的铣削加工、2 ~4 轴的车削加工和电火花线切割。

UG 因其功能强大，现已成为当今较为流行的模具设计软件。用 UG 绘制的模具图如图 1-22 所示。

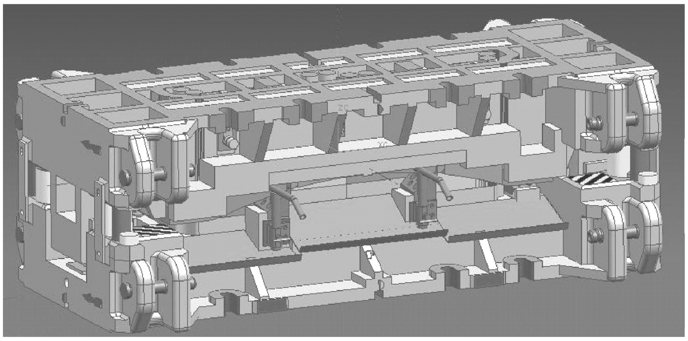


图 1-22　用 UG 绘制的模具图

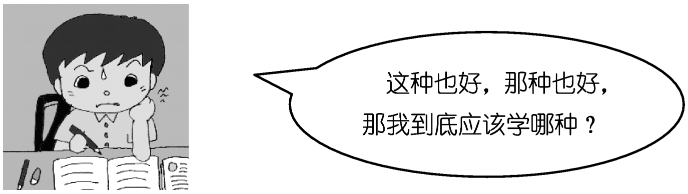
5. Pro/E

Pro/E 是 Pro/Engineer 的简称，是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation，简称 PTC)开发的 CAD/CAM/CAE 一体化的三维软件，在目前的三维造型软件领域中占有重要地位。Pro/E 作为当今世界 CAD/CAE/CAM 领域的新标准，得到了业界普遍地认可和推广。

Pro/E 最先提出了参数化设计的概念，并且采用了单一数据库来解决特征的相关性问题。由于 Pro/E 采用模块化方式，可以分别进行草图绘制、零件制作、装配设计、钣金设计和加工处理，因此用户可以根据自己的需要进行选择使用，而不必安装所有模块。Pro/E 基于特征的方式，能够将从设计到生产的全过程集成到一起，实现并行工程设计。Pro/E 不但可以应用于工作站，而且也可以在单机上应用。

Pro/E 是建立在单一数据库上，不像一些传统的 CAD/CAM 系统是建立在多个数据库上。使用单一数据库，能够实现每个独立用户同时对一件产品造型进行设计。换言之，在整个设计过程中的任何一处发生改动，就会及时反映在相应的环节上。例如，一旦工程详图有改变，NC(数控)工具路径就会自动更新；组装工程图如有任何变动，也同样可以反映在整个三维模型上。这种独特的数据结构与工程设计的完整结合，使得产品的设计更优化，成品质量更高，产品能更好地推向市场，价格也更便宜。

目前在我国的市场上，Pro/E 的应用主要集中在消费电子、高科技领域、玩具的产品设计和模具设计等方面，因此用户的关注热点主要集中于零件建模、曲面造型、工程图、优化设计方法、分模和模具设计及逆向造型等模块。相信随着国内用户三维软件技术应用水平的不断提高，关注软件数据管理和产品生命周期(PLM)的用户一定会越来越多。



1.7.2　常用成形仿真分析软件

常用成形仿真分析软件主要有 DYNAFORM、AutoForm 和 PamStamp。

基于有限元方法建立的 DYNAFORM、AutoForm 和 PamStamp，是对钣金冲压成形，尤其是拉深状况进行模拟分析的软件。

DYNAFORM 在其前处理器(Preprocessor)上可以完成产品仿真模型的生成和输入文件的准备工作。求解器(LS-DYNA)采用的是世界上最著名的通用显示动力为主、隐式为辅的有限元分析程序，能够真实模拟板料成形中的各种复杂问题。后处理器(Postprocessor)通过 CAD 技术生成形象的图形输出，可以直观地动态显示各种分析结果。DYNAFORM 软件由 BSE、DFE、Formability 三大模块组成，几乎涵盖冲模设计的所有要素，包括定最佳冲压方向、坯料的设计、工艺补充面的设计、拉深筋的设计、凸凹模圆角设计、冲压速度的设置、压边力的设计、摩擦系数、切边线的求解和压力机吨位选择等诸多方面。

AutoForm 一般作初步分析用，进入实际加工阶段，PamStamp 的分析能力相对更强，更准确。

软件分析时要预先设定拉深或成形时所用的工艺参数，如材料性能、设备压力、模具状态等，然后模拟在此条件下的拉深或成形效果，并对产生缺陷的原因进行分析。

要注意的是，结果分析的准确性与工艺参数的设定是否合理有很大关系，因此这类软件更适合工作经验丰富的技术人员使用。

1.7.3　绘图软件的区别

AutoCAD 是基础软件，主要用于平面出图。

SolidWorks 简单易学，出工程图非常方便，而且价格比较便宜，建议新手先学会使用此软件，以解决一般的图形绘制。但该软件的缺点是不适用于大型装配。

AutoCAD 和 SolidWorks 的区别是，前者属于 CAD(计算机辅助设计)软件的一种，主要是用于二维图的绘制，可作简单三维图；后者属于 CAD 和 CAE(计算机辅助分析)软件，通过安装插件，还可以实现 CAM(计算机辅助制造)功能。SolidWorks 具备三维建模、焊接、钣金、冲压(插件)、渲染、运动模拟仿真动画、有限元分析、工程图、数控编程(插件)等功能，比 AutoCAD 功能强大得多。

UG 和 CATIA 是非常高端的软件，功能强大，但也较难熟练掌握。

UG、Pro/E、CATIA 都是非常成熟、功能也比较完善的软件，基础建模的思路大同小异，但由于软件数据格式不一样，甚至是基于不同的算法，因此具体的操作方式和操作菜单也不一样。

CATIA 更偏重于曲面编辑，在需要流线型的实体编辑中其功能可能是最强大的，CATIA 的逆向功能也较强，在汽车造型等方面具有独特的长处。

在模具设计方面，汽车模具厂家用 UG 比 Pro/E 更普遍，而 Pro/E 在电子行业应用更广泛。

UG、CATIA、Pro/E 的造型设计功能用于 CAD/CAM/CAE 都比较方便，在国内外都有着广泛的应用。绝大部分汽车企业、航空企业，以及与之配套的中小企业，用的软件都是 CATIA 和 UG。一些大的模具制造厂也使用 CATIA。

总的来说，每种软件都有其各自的特点，所以选择用哪个软件要取决于你想要就职的行业。但是学会一种软件的使用以后，要转学其他软件就比较容易了。

思　　考

1. 常用绘图软件有哪几种？
2. 上述软件哪种比较容易学？
3. 如何选择学习软件？

1.8　冲压工艺纪律检查主要有哪些内容

冲压工艺技术人员除了制订各项工艺文件，还担负着工艺管理的任务，即监督和考核生产部门对各项工艺的执行情况。

关于冲压工艺纪律检查，没有统一的内容，各厂可根据需要自行规定。现仅就某厂的检查内容做一示例(见表 1-31)。

工艺纪律检查对象：冲压操作人员、冲压车间的管理人员。

表 1-31　工艺纪律检查　　CSWI-G00000

项目	序号	检查内容	合格(√)	不合格(×)	问题点	备注
常项	1	模具作业区不得有杂物和异物，脚下不得有妨碍物				
	2	是否严格执行工艺文件				
	3	设备是否按点检卡点检				
	4	模具有无点检				
	5	冲压件的检查频次及检查内容是否到位				
	6	拉深油盒、拉深油不得有杂质				
	7	不得用手直接接触材料及冲压件				
	8	料架等杂物不得上工作台				
	9	是否正确进行安全防护				
主项	1	剪切吊料时不得使材料料边变形、翘曲				
	2	剪切工位开包及作业时不得污染材料				
	3	材料有边缘翘曲不得进行拉深及成形				
	4	有锈蚀、翘曲、坑包、杂质的材料是否作了处理				
	5	剪切外观件材料要有防污染、防划伤措施，不得剪双料				

（续）

项目	序号	检 查 内 容	合格（√）	不合格（×）	问题点	备注
主项	6	模具安装前要清理干净工作台面和模具上下面				
	7	模具要保持清洁，拉深模型面要无杂质				
	8	模具的导向装置要擦净后再润滑				
	9	托杆使用前要检查有无弯曲、不等高现象				
	10	装模时要先试升高托杆，无干涉、无异常再锁模				
	11	T 形槽用螺栓在使用前要检查有无弯曲、滑丝、裂纹等现象				
	12	T 形槽用螺栓的安装数量大型模不少于 6 个，超大型模不少于 10 个				
	13	装模压板、垫块不得有倾斜和不水平现象				
	14	调模时是否使用红色枕木，并及时将异物撤离模具区				
	15	暂时停机要及时将模具内零件取出				
	16	模具现场维修完后是否重新清理、清洁、润滑模具				
	17	生产完毕后托杆要及时从设备中取出，并归位定置				
	18	冲压件使用的工位器具及装架数量是否符合要求				
	19	一次生产批量超过 1000 件要检查模具安装情况，尤其是冲裁模				
	20	冲裁时要及时清理模具内的废料，以免胀坏模具				
	21	生产过程中有问题的冲压件要做标识				
	22	对可利用废料是否按规定留存、做标识				
次项	1	生产完毕模具内废料要清理干净				
	2	对半成品，尤其是外观件的存放，有无防锈、防污措施				
	3	冲压件及废料不得落地				
	4	生产中对模具及设备的异常情况要及时反馈				

工艺贯彻率 = 合格项数/总项数 ×100% = 　　%

CSFM-090515　　　　技术部　　年　　月　　日

作工艺纪律检查，首先要工艺文件及相关规定齐全无错误，否则检查缺乏说服力。

工艺纪律检查一般是一周 1 ~2 次，哪个检查点出现问题要注明。常项和主项为重点检查项。

1.9　什么是 TRIZ

TRIZ 是俄文 теории решения изобретательских задач 的英文音译 Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch 的缩写，其英文全称是 Theory of the Solution of Inventive Problems，即 TRIZ 是一种启示我们获得创新问题求解思路的理论。

TRIZ 是基于知识的、将系统分解为子系统、区分有用及有害功能的实践，这些分解取决于问题及环境，本身就有随机性。TRIZ 可求解的问题如下：

1）找到真正的问题。

2）完善产品的技术工艺，如改善技术系统的基本性能，消除不足，提高使用性能(便捷)。

3）降低成本，包括结构简化(Trimming)，降低废品率，提高生产率。

4）研发新系统及技术工艺。

5）找到技术系统及技术工艺新的应用点。

6）产品预测。

7）专利规避。

8）评价解决方案。

即 TRIZ 可解决企业常见的问题，提高工程师的工作质量及效率，便于技术问题求解过程的再利用。

TRIZ 由一位俄国学者阿利赫舒列尔(G. S. Altshuller,又译根里奇·阿奇舒勒)及他的同事于 1946 年最先提出，最初是从二十万份专利中取出符合要求的四万份作为各种发明问题的最有效的解。他们从这些最有效的解中抽象出了 TRIZ 解决发明问题的基本方法，这些方法又可以普遍地适用于新出现的发明问题，协助人们获得这些发明问题的最有效的解。

TRIZ 兴起于 20 世纪 70 年代，后由前苏联→美国→西欧→2000 年至亚洲(韩国,日本等)，在不同行业都取得了丰硕的成果。目前，TRIZ 已经由世界 500 强企业突破新研发瓶颈的秘密武器，变为越来越多人所掌握的基本技能。

1. TRIZ 的特点

矛盾(冲突)普遍存在于各种产品的设计之中。按传统的折中法，冲突并没有彻底解决，只是在冲突双方取得折中方案，或称降低冲突的程度。TRIZ 理论认为，产品创新的标志是解决或移走设计中的冲突，并产生新的有竞争力的解。设计人员在设计过程中不断地发现并解决冲突是推动产品进化的动力。

技术冲突是指一个作用同时导致有用及有害两种结果，也可指有用作用的引入或有害效应的消除导致一个或几个系统或子系统变坏。技术冲突常表现为一个系统中两个子系统之间的冲突。

现实中的冲突是千差万别的，如果不加以归纳则无法建立稳定的解决途径。TRIZ 理论归纳出了 39 个描述冲突的通用工程参数(目前最新的理论已经将工程参数扩充到 48 个,并且

提出了商用参数共 31 个)。在利用 TRIZ 解决问题时，首先要把组成冲突的双方内部性能用该 39 个工程参数中的至少 2 个来表示，然后在冲突矩阵中找出解决冲突的发明原理。

可以看出，TRIZ 理论中的这些创造性思维方法一方面能够有效地打破我们的思维定势，扩展我们的创新思维能力，同时又提供了科学的问题分析方法，保证我们按照合理的途径寻求问题的创新性解决办法。相应的软件有 CAI （Computer Aided Innovation），即“计算机辅助创新”。借助于软件，我们可以快速地完成对问题的系统分析，大大提高解决问题的效率和质量。

2. TRIZ 的解题模式(见图 1-23)

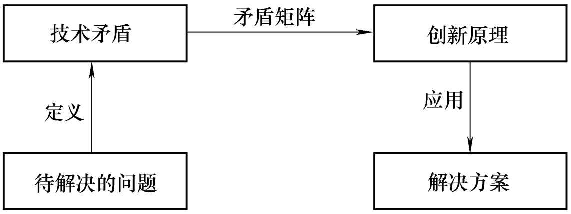


图 1-23　技术矛盾的解题模式

具体分析步骤示例(见图 1-24)：

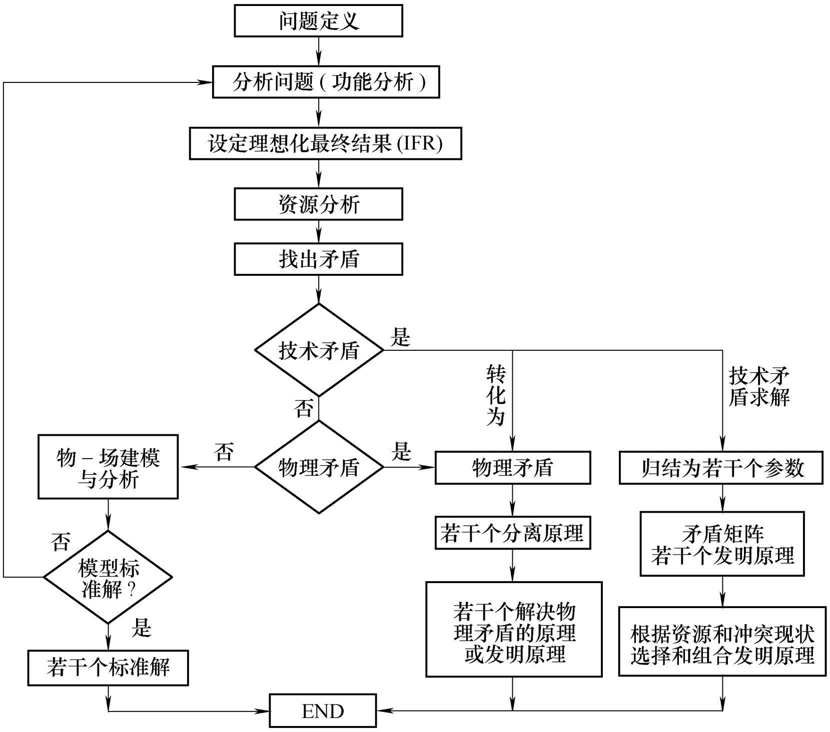


图 1-24　TRIZ 解题步骤

3. TRIZ 分析方法示例(见图 1-25)

4. TRIZ 分析法举例

(1) 问题描述和建模　图 1-26 所示为“后吊架”冲压件。成形该零件共有 6 道工序，

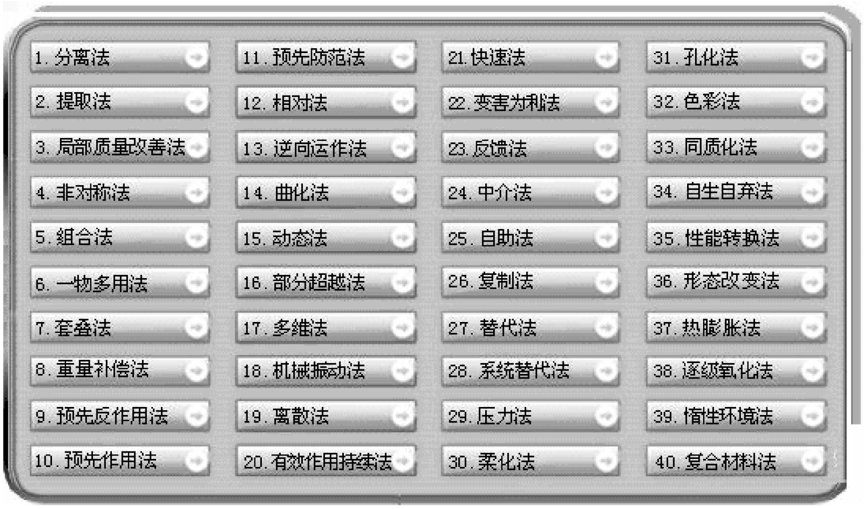


图 1-25　分析方法示例

其中前 3 道工序经常出问题，尤其是第 1 序，经常拉裂，废品率较高。

图 1-26 为前 3 道工序易出的质量问题。

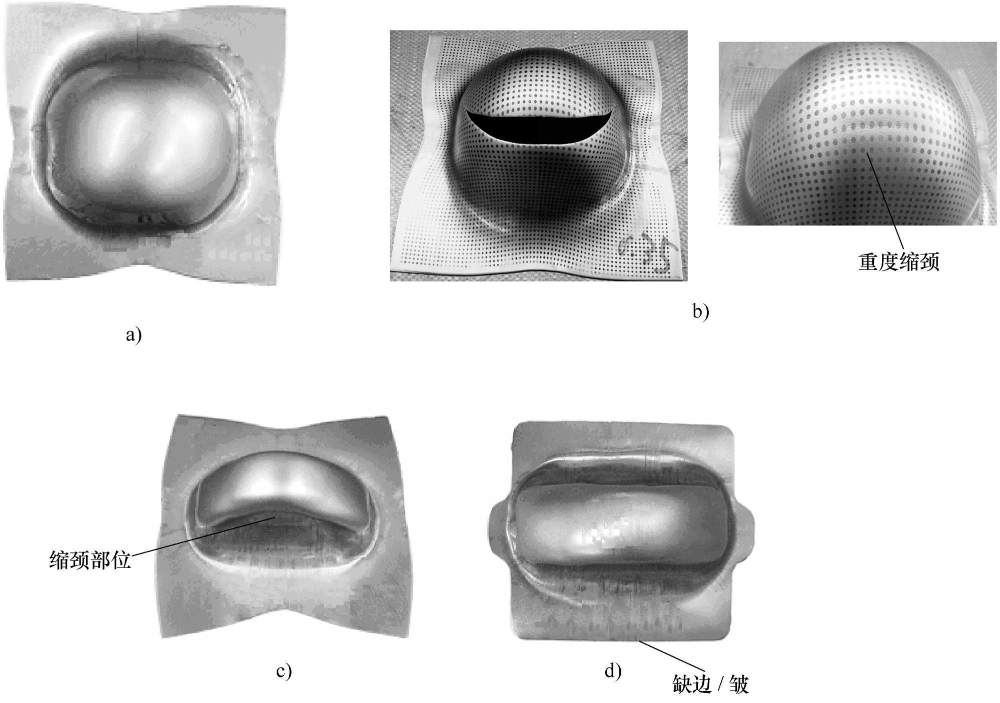


图 1-26　“后吊架”冲压件

a）1/6 拉深　b）1/6 序拉深废品件　c）2/6 整形　d）3/6 切边

“后吊架”工序问题建模如图 1-27 所示。

“后吊架”零件的第 1、2 工序模具类型：1/6 序为单动拉深模结构，压边力可通过气

垫进行调节；2/6 序为弹簧顶料，顶料力不可调节。

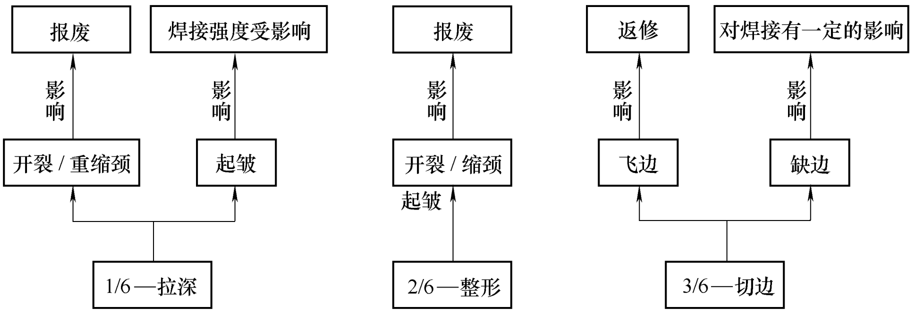
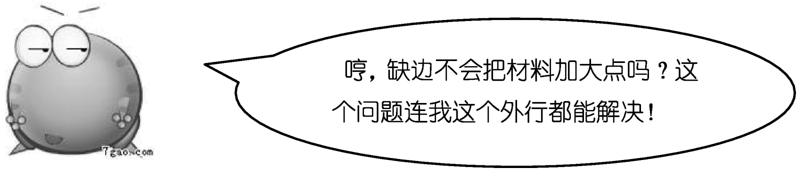


图 1-27 “后吊架”工序问题建模

（2）“后吊架”工序质量的关系 “后吊架”冲压件的前 3 道工序，各有其问题点，工序之间的质量问题又相互联系。

第 1 序看起来无问题，但第 2 序由于第 1 序已将材料变形接近极限，再受到一定拉力就会出现缩颈甚至开裂。若第 1 序有缩颈现象，第 2 序缩颈则加深甚至开裂。若对第 1 序冲压件施加小一些的压边力，以减小其变形程度，则容易使起皱加大，还易使第 3 序切边出现缺边现象。



“后吊架”工序质量连锁图如图 1-28 所示。

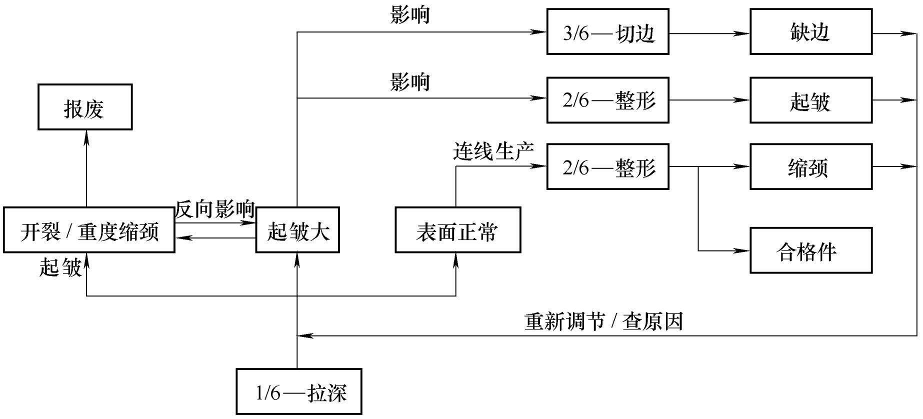


图 1-28 “后吊架”工序质量连锁图

由图 1-28 分析可见，“后吊架”零件第 2、3 序的质量问题取决于第 1 序拉深，即在保证第 2、3 序质量的前提下，要重点解决的是第 1 序拉深的质量问题。

（3）关键质量问题影响因素分解 “后吊架”第 1 序拉深开裂/严重缩颈矛盾矩阵图如图 1-29 所示。

由图 1-29 可见，影响“后吊架”拉深质量的因素很多，可改善的参数也很多，那我们

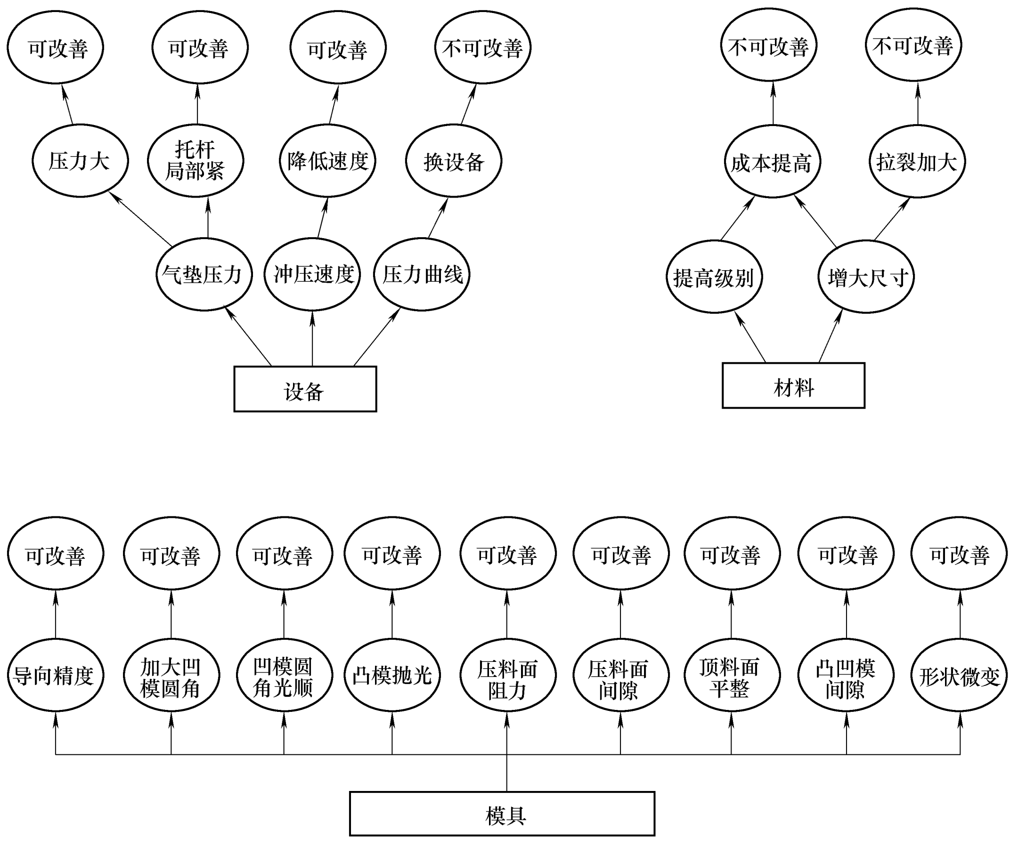


图 1-29　“后吊架”第 1 序拉深开裂/严重缩颈矛盾矩阵图

该从哪里着手呢？

解决这类问题可遵循这样一个原则：先易后难。即先作成本低、工作量小、无风险、基础类的改善，再作成本高、工作量大、风险高的改善(见表 1-32)。

表 1-32　“后吊架”拉深开裂/严重缩颈质量问题改善成本一览

类别	可改善的参数	综合成本	时间成本	改善性质	改善顺序	质量风险
设备	减小气垫压力	无	小	工艺调整	前	无
	托杆压力减轻①	无	小	工艺调整	前	无
	减小冲压速度	无	小	工艺调整	前	无
模具	压料面间隙调整(调限位)	小	小	工艺调整	前	无
	凹模圆角抛光	小	小	模具基础改善	前	无
	凸模抛光	小	小	模具基础改善	前	无
	加大凹模圆角	中	中	零件形状改变	中前	有
	减小压料面(筋)阻力	中	中	模具修整	中	有
	提高导向精度(导板)	中	中	模具基础改善	中	无

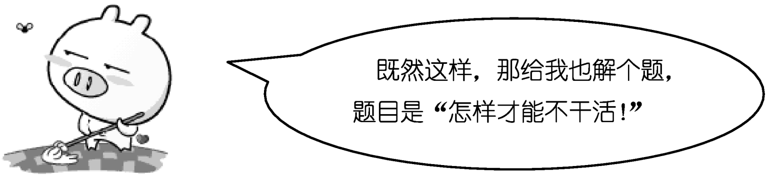
（续）

类别	可改善的参数	综合成本	时间成本	改善性质	改善顺序	质量风险
模具	压料面间隙改善	中	中	模具基础改善	中	有
	顶料面平整[2]	中	中	模具基础改善	后	有
	凸凹模间隙改善	大	大	模具基础改善	后	无
	形状微变，凸包略降低	大	大	零件形状改变	后	有

① 仅作为托杆松紧差别较大的临时解决措施，如将距拉裂处略远的托杆垫铜片，放松拉裂处托杆压力。

② 指压边圈与托杆接触面要平整，即解决各点压边力均衡问题。由于改变了原来的受力分布，会产生一定的质量风险。

应用 TRIZ 分析，实际生产中对改善顺序靠前的步骤进行了实施，效果较好。为了使模具达到稳定的状态，又逐步对改善顺序靠后的基础项目作了改善，使“后吊架”零件质量的稳定性得到了巩固。



思　　考

1. 什么是 TRIZ？
2. TRIZ 可求解的问题有哪些？
3. TRIZ 的解题模式是什么？

1.10　什么是 FMEA

在设计和制造产品时，通常有三道控制缺陷的防线：避免或消除故障起因、预先确定或检测故障、减少故障的影响和后果。FMEA（失效模式与影响分析）正是帮助我们从第一道防线就将缺陷消灭在摇篮之中的有效工具。

FMEA 是一种可靠性设计的重要方法。它实际上是 FMA（故障模式分析）和 FEA（故障影响分析）的组合。它对各种可能的风险进行评价、分析，以便在现有技术的基础上消除这些风险或将这些风险减小到可接受的水平。由于产品故障可能与设计、制造过程、使用、承包商/供应商以及服务有关，因此 FMEA 又细分为设计 FMEA（DFMEA）、过程 FMEA（PFMEA）、设备 FMEA（EFMEA）和系统 FMEA（SFMEA）四类。其中设计 FMEA 和过程 FMEA 最为常用。

1. 设计 FMEA

设计 FMEA 应在一个设计概念形成之时或之前开始，并且在产品开发各阶段中，当设计有变化或得到其他信息时及时地修改，并在图样加工完成之前结束。其评价与分析的对象是最终的产品以及每个与之相关的系统、子系统和零部件。需要注意的是，设计 FMEA 在

体现设计意图的同时还应保证制造或装配能够实现设计意图。因此，虽然设计 FMEA 不是靠过程控制来克服设计中的缺陷，但其可以考虑制造、装配过程中技术的、客观的限制，从而为过程控制提供了良好的基础。

设计 FMEA 包括以下内容：

1）对设计方案及功能要求进行评价。

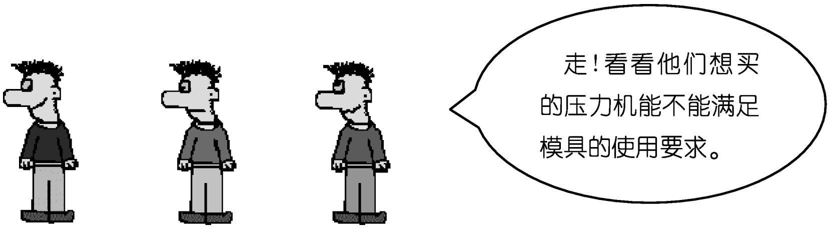
2）对生产、加工制造、调试、配套和服务等进行综合评价。

3）在设计和开发过程中对潜在的失效模式及对系统的影响进行评价。

4）为制订全面、有效的设计计划和开发项目提供更多的信息。

5）为将来分析研究现场情况、评价设计的更改及开发更先进的设计提供意见。

6）对所有评价及措施形成规范性文件。



2. 过程 FMEA

过程 FMEA 应在生产工装准备之前，或在过程可行性分析阶段或之前开始，而且要考虑从单个零件到总成的所有制造过程。其评价与分析的对象是所有新的部件(过程)、更改过的部件(过程)及应用或环境有变化的原有部件(过程)。需要注意的是，虽然过程 FMEA 不是靠改变产品设计来克服过程缺陷，但它要考虑与计划的装配过程有关的产品设计特性参数，以便最大限度地保证产品满足用户的要求和期望。

过程 FMEA 一般包括下述内容：

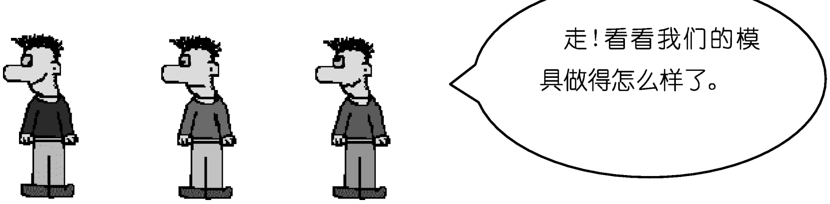
1）确定与产品相关过程的潜在故障模式。

2）评价故障对用户的潜在影响。

3）确定潜在制造或装配过程的故障起因，及确定减少故障发生或找出故障条件的过程控制变量。

4）编制潜在故障模式分级表，建立纠正措施的优选体系。

5）将制造或装配过程文件化。



3. FMEA 对失效(问题)严重程度的分级

问题严重度(用 *S* 表示)是评估可能的失效模式对于设备的影响，严重度达 10 级的是失效模式最严重及影响后果最严重的级别，要降低这种情况的严重度数值只有通过改变设计才能够实现，而对严重度数值定级仅为 1 的失效模式可以不作分析。

不同的分析项目有不同的分级内容。表 1-33 列出了以汽车覆盖件模具为例的严重度评

价准则。

表 1-33　FMEA 严重度(S)评价准则示例

后　　果	评定准则(后果的严重度)	具体内容示例	严重度
无警告的严重危害	一种非常严重的失效形式，是在没有任何预兆的情况下所发生的失效，能影响到行车安全和/或不符合政府的法规	模具严重压裂失效	10
有警告的严重危害	一种非常严重的失效形式，是在有预兆的前提下所发生的失效，能影响到行车安全和/或不符合政府的法规	生产中模具压料板螺栓松脱使得压料板整体落下，或模具质量差，使得零件刚冲压就出现裂纹	9
很高	车辆不能运行(丧失基本功能)	覆盖件模具型面变形严重	8
高	车辆可运行，但性能下降，顾客非常不满意	模具型面有较大的凹凸，外观件表面打腻子修补也难以齐整光滑	7
中	车辆可运行，但舒适性、方便性等项目不能运行，顾客不满意	模具精度不高，冲压件不能装配，需手工敲打、钻孔来修正	6
低	车辆可运行，但舒适性、方便性等下降，顾客有些不满意	拉深模冲压难度大，需长时间调整	5
很低	有尖响或咔嗒响声，大多数顾客(75% 以上)能感觉到有缺陷	模具冲压不稳定，废品率较高	4
轻微	有尖响或咔嗒响声，50% 的顾客能感觉到有缺陷	模具冲压难以定位，生产率低	3
很轻微	有尖响或咔嗒响声，有辨识能力的顾客(25%以下)能感觉到有缺陷	模具冲压毛刺较大	2
无	无可辨别的后果	模具冲压毛刺略大	1

4. FMEA 对问题出现频度的分级

频度(用 O 表示)是指某一特定的起因/机理在设计寿命内出现的几率。描述频度的级别数只有相对意义，而不是绝对的数值。通过变更设计或变更设计过程来预防或控制失效模式的起因/机理可能是使得频度数降低的唯一途径。

潜在失效起因/机理出现的频度分为 1 ~ 10 级，如果为 10，则表示几乎肯定要发生，如果为 1，则表示基本不发生。在确定频度值时，需考虑以下问题：

1）类似的部件、子系统或系统的维修史是怎样的？

2）部件是沿用先前水平的部件、子系统或系统，还是与其相类似？

3）与先前水平的部件、子系统或系统相比，变化有多显著？

4）部件是否与先前水平的部件有着根本的不同？

5）部件是否是全新的？

6）部件的用途是否有变化？

7）环境有何变化？

8）针对该用途，是否采用了工程分析(如可靠性)来估计其预期的可比较的频度数？

9）是否采取了预防性控制措施？

表 1-34 列出了以汽车覆盖件模具为例的频度评价准则。

表 1-34 PFMEA 频度(*O*)评价准则

失效发生可能性	可能的失效率	可能失效的具体内容示例	频度
很高(持续性发生)	≥100 个/1000 辆车		10
	50 个/1000 辆车	模具冲压毛刺略大	9
高(经常性失效)	20 个/1000 辆车	模具冲压毛刺较大	8
	10 个/1000 辆车	模具冲压不稳定，废品率较高	7
中等(偶然性失效)	5 个/1000 辆车	拉深模冲压难度大，需长时间调整	6
	2 个/1000 辆车	模具精度不高，零件不能装配，需手工敲打、钻孔来修正	6
	1 个/1000 辆车	模具冲压难以定位，生产率低	4
低(相对很少发生的失效)	0.5 个/1000 辆车	模具质量差，使得零件刚冲压就出现裂纹	3
	0.1/1000 辆车	模具型面有较大的凹凸，外观件表面打腻子修补也难以齐整光滑	2
极低(失效不太可能发生)	≤0.010 个/1000 辆车	模具严重压裂失效/模具生产中压料板螺栓松脱，压料板整体落下/覆盖件模具型面变形严重	1

5. FMEA 的预防和探测

1）预防是指防止失效起因/机理及失效模式的出现，或者降低其出现的几率。

要尽可能地列出每一失效模式的每一个潜在起因和/或失效机理，失效起因/机理应尽可能简明而全面地列出，以便有针对性地采取补救措施。

2）探测是指在项目投产之前，通过分析方法或物理方法，探测出失效的起因/机理或失效模式。

如果可能，最好的途径是先采用预防控制。假如预防性控制被融入设计意图并成为其中的一部分，它可能会影响最初的频度定级。探测度的最初定级以探测失效起因/机理或探测失效模式的设计控制为基础。

探测度(用 *D* 表示)是与设计控制中所列的最佳探测控制相关联的定级数。探测度是一个在某一 FMEA 范围内的相对级别。为了获得一个较低的定级，通常计划的设计控制(如确认和/或验证活动)必须予以改进。表 1-35 列出了推荐的 DFMEA 探测度评价准则，表 1-36 列出了推荐的 PFMEA 探测度评价准则。

表 1-35 推荐的 DFMEA 探测度(D)评价准则

探测度	设计控制可能探测出来的可能性	探测度定级
绝对不肯定	设计控制将不能和/或不可能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式，或根本没有设计控制	10
极少	设计控制只有极少的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	9
微少	设计控制只有微少的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	8
很少	设计控制只有很少的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	7
少	设计控制有较少的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	6

（续）

探测度	设计控制可能探测出来的可能性	探测度定级
中	设计控制有中等的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	5
中上	设计控制有中等偏上的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	4
多	设计控制有较多的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	3
很多	设计控制有很多的机会能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	2
几乎肯定	设计控制几乎肯定能找出潜在的起因/机理及后续的失效模式	1

表 1-36　推荐的 PFMEA 探测度（D）评价准则

探测性	评 价 准 则	检查类别			探测方法的推荐范围	探测度
		A	B	C		
几乎不可能	绝对不可能探测			X	不能探测或没有检查	10
极小	控制方法可能探测不出来			X	只能通过间接或随机检查来实现控制	9
微小	控制方法有很少的机会能探测出来			X	只通过目测检查来实现控制	8
很小	控制方法有很少的机会能探测出来			X	只通过双重目测检查来实现控制	7
小	控制方法可能能探测出来		X	X	用制图的方法，如 SPC（统计过程控制）来实现控制	6
中	控制方法可能能探测出来		X		基于零件离开工位后的计量测量，或者零件离开工位后 100% 的止通测量	5
中上	控制方法有较多机会可探测出来	X	X		在后续工位上的误差探测，或在作业准备时进行测量和首件检查（仅适用于作业准备的原因）	4
高	控制方法有较多机会可探测出来	X	X		在工位上的误差探测，或利用多层验收在后续工序上进行误差探测。不能接受有差异的零件	3
很高	控制方法几乎肯定能探测出来	X	X		在工位上的误差探测（自动测量并自动停机）。不能通过有差异的零件	2
很高	肯定能探测出来	X			由于有关项目已通过过程/产品设计采用的防错措施，有差异的零件不可能产出	1

注：检查类别 A—防错；B—量具；C—人工检查。

6. 风险顺序数（*RPN*）

风险顺序数是严重度（S）、频度（O）和探测度（D）的乘积，即

$$RPN = SOD$$

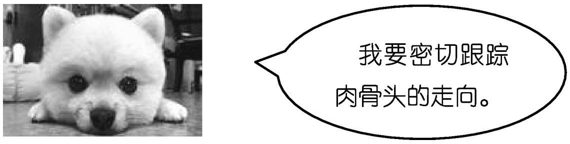
应首先针对高严重度、高 *RPN* 值和小组指定的其他项目进行预防/纠正措施的工程评价。任何建议措施都要依以下顺序降低其风险级别：

严重度→频度→探测度

一般实践中，不管其 *RPN* 值是多大，当严重度是 9 或 10 时，必须予以特别注意，确保现行的设计控制或预防/纠正措施针对了这种风险。在所有的已确定潜在失效模式的后果可能会给最终用户造成危害的情况下，都应考虑预防/纠正措施，以便通过消除、减弱或控制

失效起因来避免失效模式的产生。

7. 跟踪措施



负责过程的工程师应保证所有的建议措施已被实施或已妥善落实。

FMEA 是一个动态文件，它不仅应体现最新的设计水平，而且还应体现最新相关措施，包括开始生产后所发生的更改设计的措施。

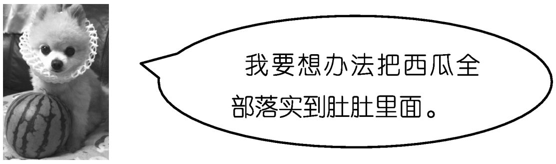
可采用几种方式来保证所担心的事项得到明确并且所建议的措施得到实施。这些方式包括(但不限于)以下内容：

1）保证过程/产品要求得到实现。

2）评审工程图样，过程/产品规范以及过程流程。

3）确认这些已经反映在装配/生产文件之中。

4）评审控制计划和作业指导书。



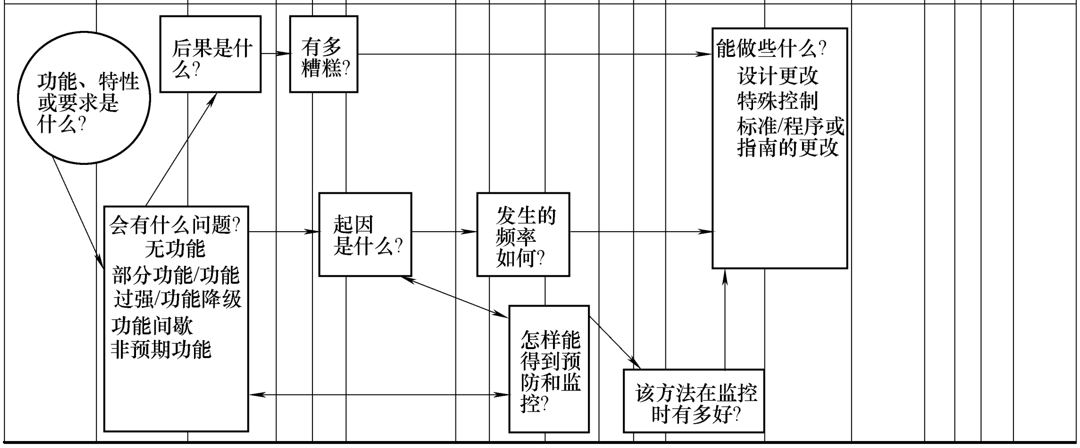
8. FAME 的分析和控制内容

FMEA 的过程控制可制作成表格(见表 1-37)，潜在失效模式及后果分析顺序如表 1-37 中图所示。

表 1-37　FMEA 的过程控制表

潜在失效模式及后果分析顺序

功能要求	潜在失效模式	潜在失效后果	严重度 S	级别	潜在失效起因/机理	频度 O	线行控制		探测度 D	RPN	建议措施	责任及目标完成日期	措施结果				
							预防	监控					采取的措施	S	O	D	RPN



思　　考

1. 什么是 FMEA？

2. FMEA 主要分为几大类？

3. 按“设计 FMEA”或“过程 FMEA”，分析一下遇到的问题，并填写 FMEA 控制表。

第 2 章　工位器具辅具辅料

2.1　冲压有哪些储存用工位器具

冲压储存用工位器具，通俗地说就是用来存放冲压成品件的架子。

1. 储存用工位器具的分类

1）通用工位器具：顾名思义就是在使用方便和不影响零件质量的前提下，能够满足多数零件使用的工位器具。

生产中要尽量采用通用工位器具，以便灵活使用和管理，并减少工位器具的总量。通用工位器具的设计要具有系列化、标准化和通用化“三化”的特点。

2）专用工位器具：根据零件的几何特性、尺寸大小和不同重点保护部位而设计的工位器具。

就汽车行业来说，外覆盖件的表面要求很高，不能在存放、运输中发生零件的磕碰、划伤及变形。为了满足这些零件的特殊防护要求，就要制作零件与零件之间有软性隔离的固定的架子，即专用工位器具。

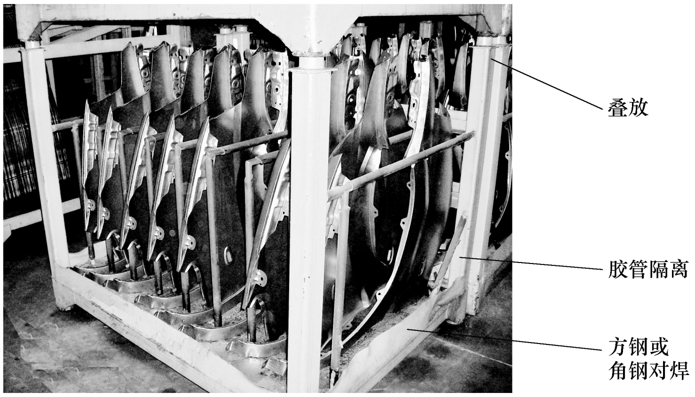
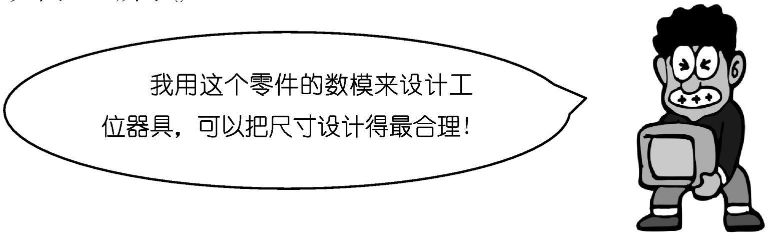


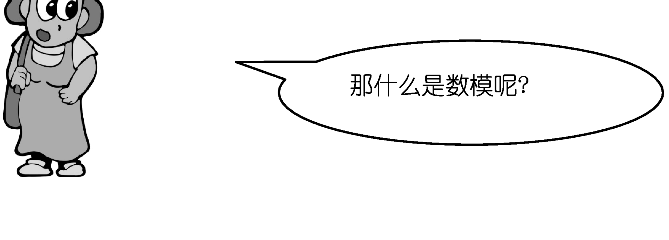
图　2-1

2. 对储存用工位器具的基本要求

1）便于工件的存放和取用。

2）可以保护工件不变形。对外观有要求的工件，还要能保护零件在运输中不被划伤、碰伤(可以借助橡胶套或其他缓冲物品隔离)，如图 2-1 所示。





3）在有限的面积里尽量能放更多的工件。

4）能够满足零件的大小、特点及数量的清点要求。

5）能够叠放，以减小占地面积(一般不做带轮子的)。

6）要能满足叉车和吊运的运输要求。

7）既能起到零件的防护作用，又能满足经济利益。储存时可以几件一隔离而不影响零件品质的就不要一件一隔离。

8）专用架要尽量使零件的数目取整，便于清点，如果同时能和通用架叠放就更理想了。

9）能用通用工位器具就尽量不用专用工位器具。

3. 存放冲压成品件工位器具的几种叠放形式

1）角钢式叠放。这种叠放方式来自国内某大厂。

工位器具的制作方法是，把角钢头用压力机模具往外压，再在弯处平焊一三角形铁板用以支撑叠放箱，角钢头还要钻一孔，用于桥式起重机起吊，如图 2-2 所示。

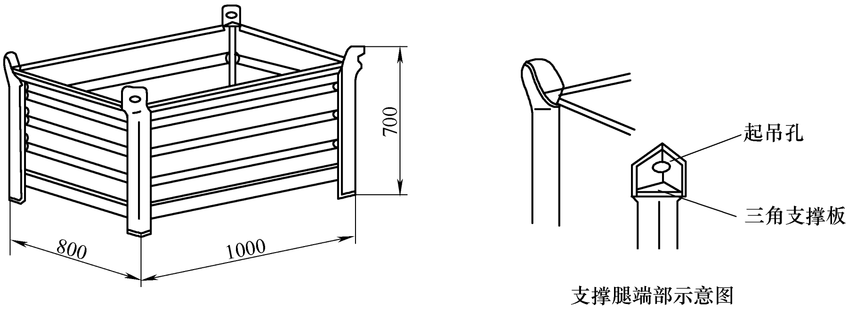


图 2-2　角钢式叠放工位器具

2）弯管式叠放。这种叠放方式来自德国。叠放时，弯管角卡在上角钢内，如图 2-3 所示。

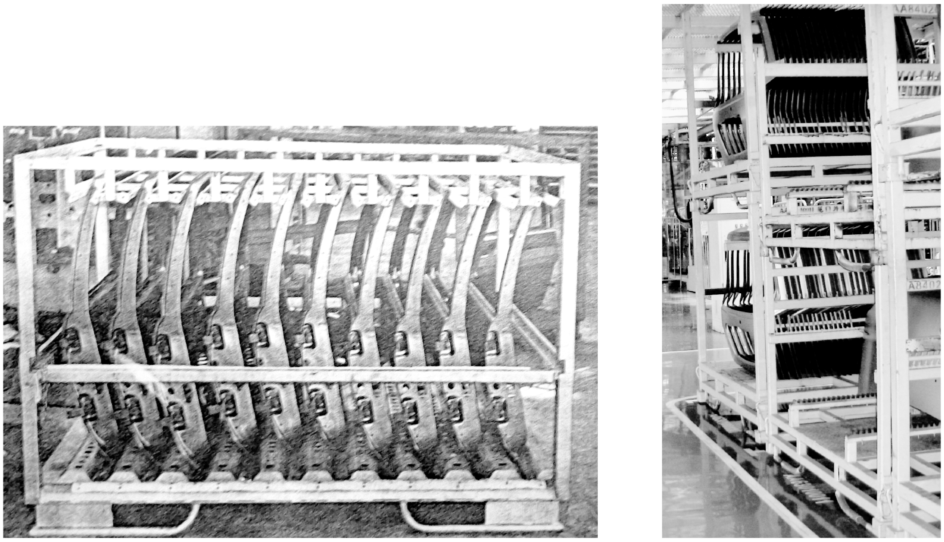


图 2-3　弯管式叠放工位器具

3）碗状叠放。这种叠放方式来自我国台湾。

工位器具的制作方法是，支撑腿用 $\phi50 \sim \phi60$mm 圆钢或 70×70mm 方钢，腿的端头焊圆碗，脚下焊大号圆碗。叠放时脚下大圆碗压住腿头小圆碗，如图 2-4 所示。

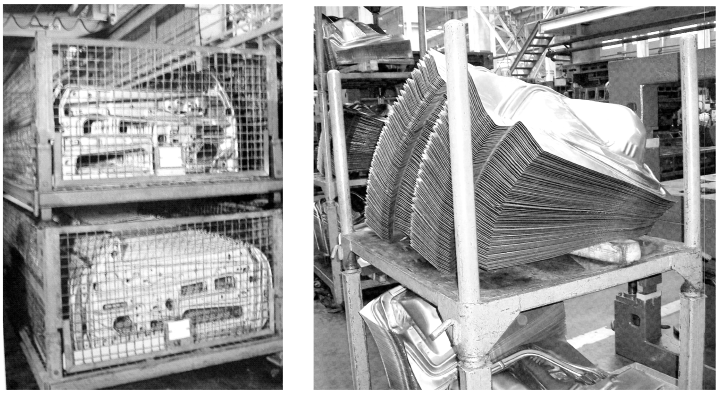
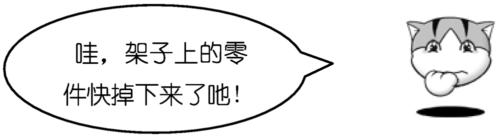


图 2-4　碗状叠放工位器具



4）卡压型叠放。工位器具叠放时利用脚部凹槽卡住架子上的钢筋。图 2-5 所示的架子是可拆式的，不用时可拆成片状保存。

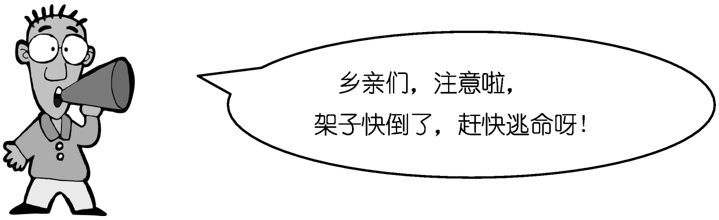
图 2-5　卡压型叠放工位器具

上述四种叠放方式各有其特点，第一种和第二种叠放方式相对较可靠，有垂直的卡边防护。第三种方式如果各叠放架叠放尺寸误差较小，四个支架腿与托盘垂直，经长期实践证明也是可靠的，而且因为是滑动叠放，可以降低对叉车工的要求。

不管是哪种方式，都要求工位器具的 4 个脚和 4 个腿端头对角尺寸的误差控制在 3mm 以内，若制作时误差偏大，要给予修正。同一工位器具的净高尺寸和叠放尺寸也要一致，误

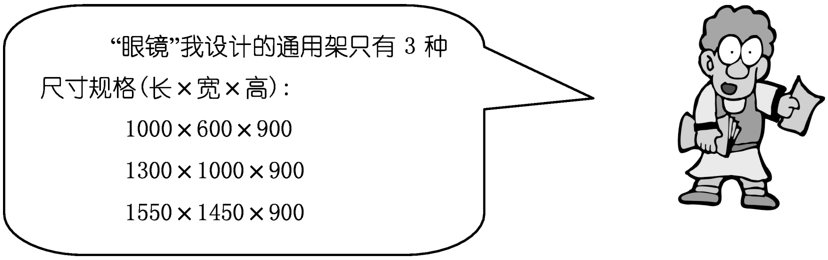
差应控制在2mm以内，以避免叠放时出现歪斜。

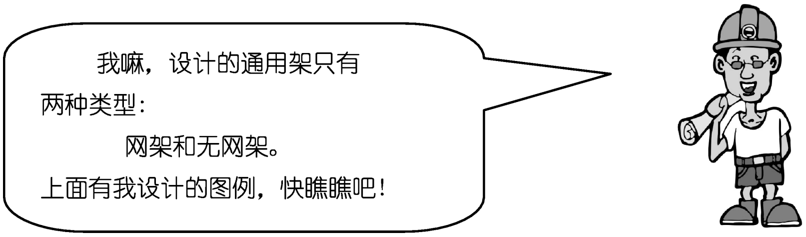
一般900mm高的架子可叠放四层。用在高位仓库的工位器具，对其构架的强度和制作精度要求就更高。像碗状叠放工位器具采用无上横梁的形式，虽制作成本低，但不适于高位仓库使用。



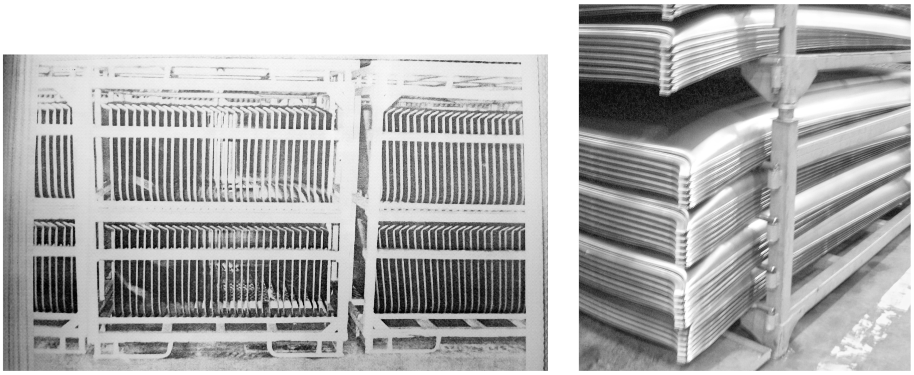
4. 通用工位器具和专用工位器具

1）通用工位器具。通用工位器具的图片实例如图2-4所示。





2）专用工位器具。专用工位器有零件平放和竖放两种方式。图2-6a所示为零件竖放，图2-6b所示为零件平放。不管是横放竖放，都要在件与件或几件与几件之间作隔离，具体视情况而定。总之，既要考虑零件的防护，又要考虑经济性，更要考虑便于零件上下架。



a)　　b)

图2-6　专用工位器具

a）零件竖放　b）零件平放

5. 工位器具的管理

一个工厂的各类工位器具加在一起，品种众多。为了便于科学管理，需要做以下几项基本工作：

1）要为不同的工位器具做不同的编号。

编号的目的，第一，便于文件化、规范化；第二，可以在物流供应链各环节中加以区别；第三，使用中便于识别和传递；第四，便于对工位器具进行分类管理、统计，满足物流组织和看板管理的要求。

编号的规则可按各厂的需要来定，一般头两个字符是工厂名称拼音的头一个字母，后面是工位器具类型的简称字母，对专用工位器具还可标上每架装载量。总之是要即包含必要信息，也要便于记忆。

2）对每种零件规定所使用的工位器具，对零件在架子上的摆放方式及存放数量作出文件规定，以便指导车间合理使用，并以此来计算需求用量、占地面积、物流密度等。

3）对每种工位器具规定叠放的允许高度、数量及定置位置。

4）建立工位器具状态专人监控，从制造验收到使用过程和使用状态都要注意，尤其是一旦发现工位器具的精度发生问题或出现破损，就要马上采取修正措施，以免发生零件脱落和架子倾倒现象。

思　　考

1. 存放零件的工位器具有几种类型？
2. 设计工位器具要注意哪几方面？
3. 看看你所在的工厂，工位器具还有没有需要改进的地方。

2.2　冲压有哪些辅助工位器具

冲压生产，尤其是非自动化冲压生产为了能够正常快捷地进行，需要一些辅助工位器具。

下面列举一些常用的冲压辅助器具。

1. 半成品架

是指冲压工序件及毛坯料使用的生产过程用架。其特点是没有长的支撑腿，方便生产工人快速无障碍取件、放件，四个脚在平架面上方留约 50mm 高用于架与架叠放即可。

半成品架主要用在非联线的冲压生产中(见图 2-7)。其制作要求是：

1）架下到地面，要留有约 120mm 左右的空间供叉车操作。

2）要在 4 个脚上焊起吊用吊耳。

3）要能空架叠放。

4）为便于设备间运送，可设置 4 个轮子，其中两个是万向轮。轮子的位置要稍靠里，以便叠放时落在料盘上。轮子要根据架子所放工件重量来选，并留适当的余量，以免装上重物后推不动。另外如果运送路线不平，就要选直径更大一些的轮子才好用。

也可做一带轮底架，将半成品架放在上面。

5）尺寸规格可设几个系列，通用化程度尽量高。

6）必要时可用专用半成品架，如图 2-7 所示。

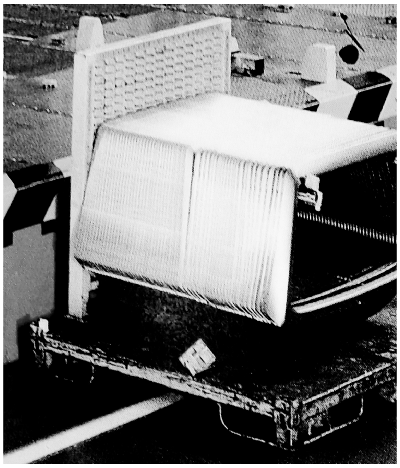


图 2-7　专用半成品架

2. 装冲压废料用的废料箱

除了在冲压生产线下设置废料输送带的情况外，一般废料箱在冲压生产中都是必不可少的。

由于冲压废料形状不规则，扔放时又很杂乱，并且废料箱在倾倒废料时，如果没有专门倾倒设施会受到一定的冲击，因此废料箱要做得结实一些。

废料箱的常见结构有：

1）大方盘式。尺寸较大，放在前后两设备之间，可同时供两边的生产废料使用。由于外形尺寸较大，因此废料盘做得较浅（约 250mm 高左右），呈上大下小斜坡形，可用桥式起重机来吊运。

2）箱式。废料箱四壁都采用强度较好的波纹板（见图 2-8）。为扔废料方便，可将其中一面的上半边做成折放的形式。这种废料箱也可用来放零件。

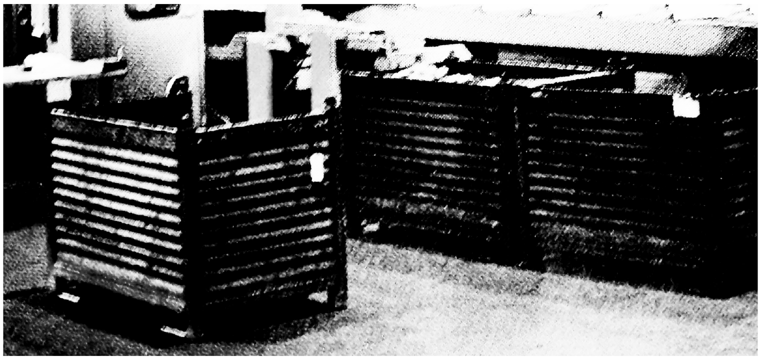


图 2-8　箱式废料箱

3）还有一种底面可以打开的结构形式。

3. 托杆小车

将装模具的托杆放在小车上，如图 2-9 所示。使用时推到设备旁边，不仅很方便，而且便于保管。

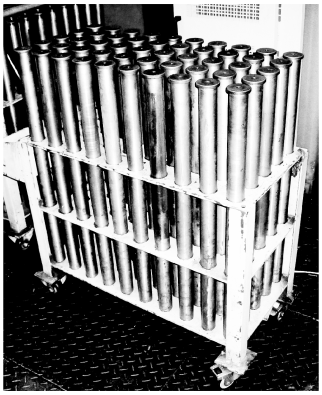


图 2-9　托杆小车

有些工厂的设备气垫行程不可调，一种模具要用一种规格的托杆，用这种小车就满足不了托杆存放的要求。解决这类问题的方法是做一个多格托杆柜，按规格大小将同一种托杆放在相应的托杆格里，并将每根托杆打上规格标记，使用时，将托杆放在一个小车里运过去。

4. 模具存放架

是指专门用来存放小模具的架子。其设计特点是：

1）要有足够的刚度，避免模具放上去后隔层被压弯。做模具框架的材料一般用 8 号槽钢，或采用 80 × 80 方钢材料。每个隔层下面还要做数个加强梁(见图 2-10)。

2）层高的设定要根据大多数模具的总高度来考虑，包括模具下方垫枕木的空间(供叉车取模用)，模具上方还要留一定的模具叉起高度(包括模柄上的打料杆高度)。如果下装顶料弹簧的模具较多，也要把这个空间考虑进去。

有的厂家把装模具的架子做成带轴承的抽屉式，用时对号入座将抽屉拉开，用小吊机把模具取出来。还有的厂家直接采购拼装式标准模具架。另外，还有一种小模具的存放方式——按高位集成化仓库方式，即建立数控模具立体库，实现科学化管理。但建立系统所需资金较大。

图 2-10　模具架

5. 上料台(桌)

与马凳的功能相似(见图 2-11)，常常用在汽车大件第一序冲压中。

在相对不变的操作环境中，可采用上料架，料架高度可用叠放的半成品架数量来控制。如果经济许可，也可购买电动升降的操作台。

6. 马凳

将半成品架或毛坯料抬高，以方便工人操作的支架。马凳的特点是使用方便灵活，存放时不占用大的空间，两个马凳之间的距离可大可小，适应性强。

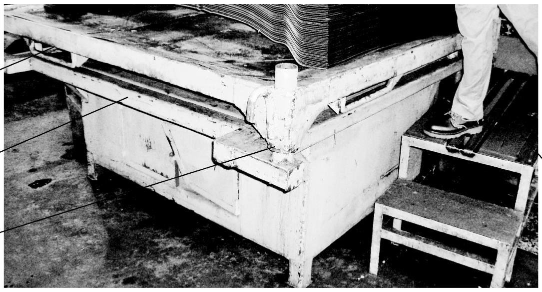
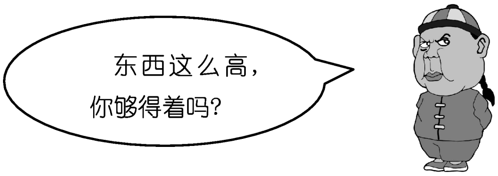


图 2-11　上料台

7. 脚踏板

脚踏板的作用是提高工人的操作高度，减轻工人的劳动强度，如图 2-11 所示。框架用 40×40×4 角钢，面上垫表面较粗糙的木板。对操作提升高度要求不大的工位，可直接用木板做成需要的尺寸。

注意，脚踏板的上表面一定要平展、防滑，木板不要高低不平，冲压工的操作位要保证无障碍!



8. 辅具架

用来放锁模具用的螺栓、螺母、扳手、垫块、压板和垫圈等物品，如图 2-12 所示。将不同规格的螺栓套上垫圈，放在不同的槽中，以便快速取用。

图 2-12　辅具架

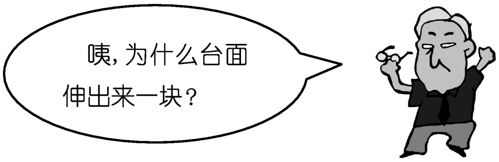
9. 小型压力机用坐凳

为了减轻工人的劳动强度，使他们能够保持较好的体力来工作，可以为操作动作幅度不大的小型压力机操作工配备可调式坐凳，如图 2-13 所示，凳面高度可上下调节，然后用螺栓锁紧。

图　2-13

10. 调试用移动小桌

模具调试时，需要有一个放调试件和检测工具等物品(也可以放冲压件)的移动桌，使用很灵活，如图 2-14 所示。



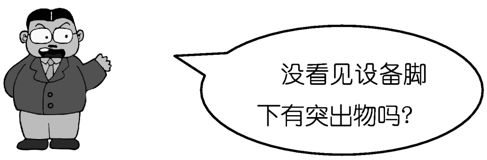


图 2-14　移动桌

11. 剪板机料架

承载需要剪切材料的架子，如图 2-15 所示。

对这种架子的要求是：

1）要结实，能够承受最大重量的包料，并留余量。

2）要有操作工开包、抽钢带的空间，也可通过垫枕木来解决。

3）料架尺寸要既能满足大尺寸料，也可以在放小尺寸料时不致取料困难。一般将料架做成长形，根据不同材料可转动方向。宽料可以适当伸出架外，以放置平稳为原则。

12. 废品车

当废品装满时，转开止挡块，废品车就可以翻过来将废品倒出，如图 2-16 所示。

图 2-15　剪板机料架

图 2-16　废品车

13. 联线生产过渡架/杆

当模具与皮带输送机距离较大，且高度差也较大时，可采用图 2-17 所示的过渡架/杆。

14. 材料滑料架

剪板机减下来的料，需要集中到一起。为了使剪下的料能排列整齐，可将滑料架做成图 2-18所示的形式。在滑料面上加焊滑珠，其目的是减小材料下滑阻力，并减小料架倾斜的角度，增加材料的堆垛高度。限位挡板可根据材料的宽度作相应的调节。限位槽插上挡板可限制材料下滑方向，还可防止材料下滑时卡在滑珠间隙上。

图 2-17　过渡架/杆

15. 制件滑板

在压力机后面放一滑板，使制件能够顺着滑板自动地滑到零件箱里，如图 2-19 所示。

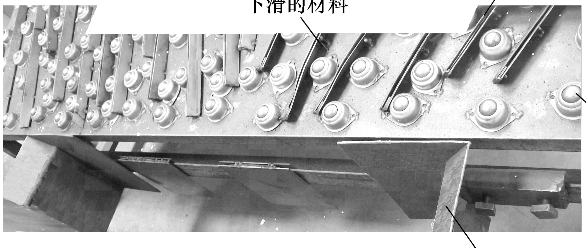


图 2-18　滑料堆垛架

图 2-19　制件滑板

16. 半成品架活动支撑腿

半成品架在装上冲压半成品后，为了减少占地面积，可以在架子的四角装上可靠的活动支撑腿，如图 2-20 所示。

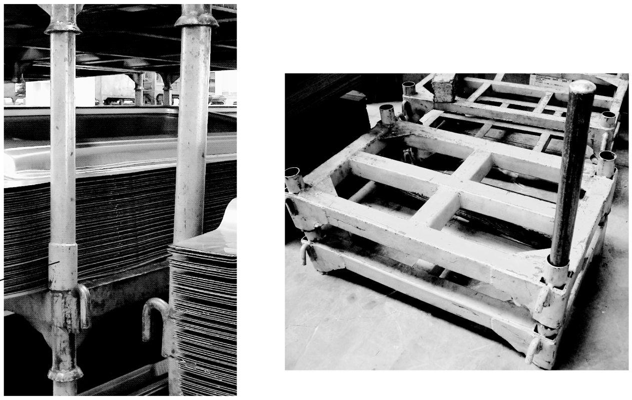
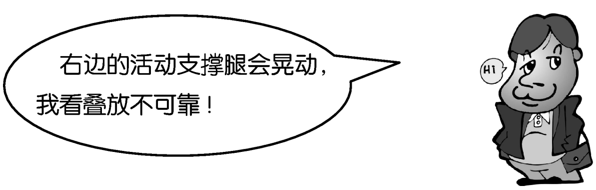


图 2-20　活动支撑腿



17. 拖把清洗小车

车里装上水，供车间擦地时洗拖把用，如图 2-21 所示。其特点是，前面为一斜面，便于脏水的倾倒。一些较大的工厂不用人工清洗地面，而是使用图 2-22 所示的“地面清洗车”。地面清洗车在缓慢行驶的同时，将清洗液洒在油污的地面上，然后再刷洗吸干，清洗效率比人工要高很多。但地面清洗车仅适用于较平整的地面，并且维修的费用也很高。

图 2-21　拖把清洗小车

图 2-22　地面清洗车

生产中可能有比上述示例更巧妙、更科学、更好用、更实用的辅助器具，或许还需要一些特殊用途的辅助器具，这就要发挥大家的创造力了。

思　　考

1. 辅助工位器具都有哪些？
2. 装了半成品的架子还有没有办法叠放，以解决占地面积大的问题？
3. 看看你们那里的冲压生产缺少哪些辅助器具，并进行巧妙设计。

2.3　什么是冲压锁模用辅具

冲压用辅具是指进行常规冲压所必需的辅助工具。

冲压用辅具包括 T 形槽用螺栓、六角厚螺母、垫块、垫板、垫铁、压板、垫圈、扳手等。如果采用冲压快速换模系统，这些辅具用得较少。

1. T 形槽用螺栓

T 形槽用螺栓是用来将模具与压力机固定的联接件。

（1）T 形槽用螺栓直径　不同的设备，用的螺栓直径大小也不同，对汽车行业，一般 125t 以上设备用螺栓的直径为 M24，125t 以下的小设备，用螺栓的直径为 M20。

（2）T 形槽用螺栓长度的确定。图 2-23 为 T 形槽与模具锁模槽错位的情况，此时 T 形槽用螺栓的长度为

T 形槽用螺栓的长度 = T 形槽的窄槽槽深 + 模板厚度 + 压板厚度 + 垫圈厚度 + 螺母厚度 + 10mm

如果 T 形槽和模具锁模槽对正，螺栓长度可不加压板厚度。

2. 六角厚螺母

是指用于锁紧模具的螺母。由于承重大，安全性要求高，应该选用六角厚螺母。

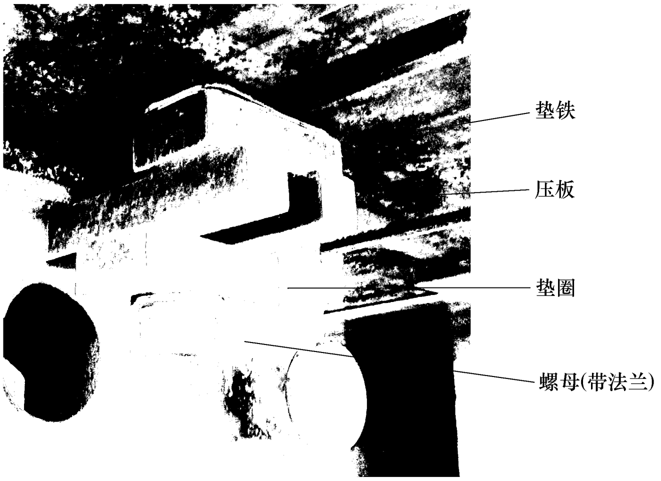
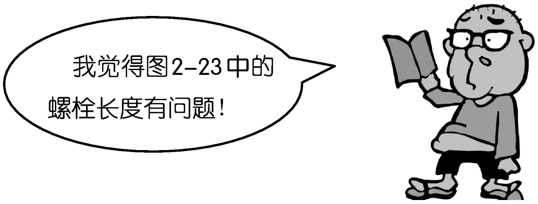
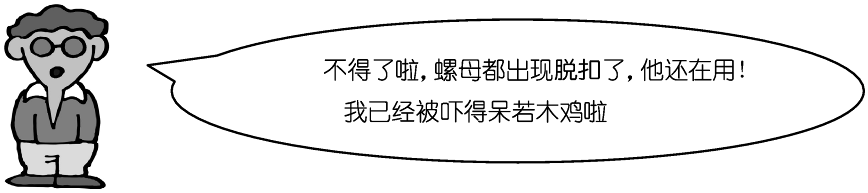


图 2-23　T 形槽与模具锁模槽错位示例



现很多用户使用非标带法兰形式的六角厚螺母，这种螺母可加大与垫圈的接触面积，既减小了垫圈受压凹陷变形，又可增加螺母锁模的可靠性(见图 2-23)。



3. 工艺垫块

工艺垫块多用于中小型模具的安装。

(1) 垫块的作用

1) 为了使不同规格的模具适应设备闭合高度的要求，需在模具下加垫一个或数个垫块，以增加模具的装模高度。中型模具为防止垫块与托杆干涉，可垫在上模面上，但会增加锁模高度。

2) 对下出废料的模具，如果废料出口在设备的台孔之外，就要下垫垫块，使废料能够顺利下落，以免废料排料不畅把模具挤裂。

3) 在工作台孔大，而模具相对又小、又单薄的情况下，当设备闭合高度允许时，要垫垫块(垫块高度视具体情况而定)以解决模具在受力情况下刚性不足的问题。这样既保护了模具(不使之发生变形)，又保证了工件的质量。垫块可以根据需要做成不同规格的系列。

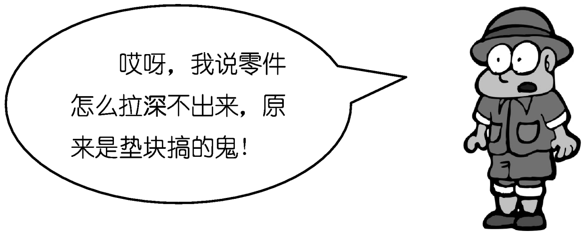
(2) 垫块使用的基本要求

1) 同一系列的垫块，各使用面要做成等高，并配磨，以免影响模具的精度，或造成模具和设备导向机构的磨损。

2）垫块要有足够的硬度，一般采用 45 钢制作，热处理硬度为 35～40HRC，热处理完毕再配磨。对长度尺寸较大(超过 500mm)的小型压力机模具，在不影响下出料及下顶料的情况下，模具中部也要加一垫块，以防模具挠曲变形。

3）当垫块表面出现凹凸点时就要重新配磨，以保证其精度。

4）对落料等振动较大的冲压，垫块如果出现窜动，装模时可给垫块上包上等厚、无褶皱的报纸，以加大摩擦力。



4. 垫板

垫板与垫块作用相似，尺寸较大，可用螺栓与工作台固定在一起。

如果模具的装模高度普遍低于设备的闭合高度，可专门做一块与工作台匹配的大垫板。垫板通常要开 T 形槽。

如果垫板的厚度较小，不能开 T 形槽，也可开通槽，并与工作台板的 T 形槽对应，如图 2-24 所示。

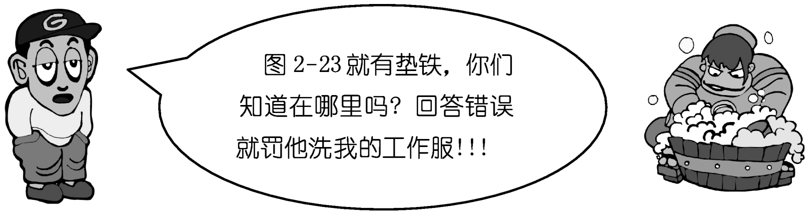
对小压力机来说，工作台面大一些，操作工操作起来更方便，所以在条件允许的情况下，垫板可左右伸出工作台板适量，如图 2-24 所示。

图 2-24　自制垫板

图 2-24 所示设备的工作台板是灰铸铁做的，用时间长了，T 形槽边会被损坏，导致模具无法锁紧。采用 35mm 厚垫板，再配上接触面较大的特制 T 形槽用螺栓，成功地解决了这一问题。

5. 垫铁

是指用螺栓锁模时，用来平衡压板受力的支撑块。



垫铁可以做成以下几种形式：

1）长方体，其长、宽、高 3 个尺寸可用于 3 个锁模常用尺寸。

2）将长方体每个面再做一个阶梯，就可用于 6 个锁模尺寸。

3）阶梯形式，较适合下模锁模用，如图 2-25 所示。

4）对高度 100mm 以上的垫铁，为了减轻自重，可以多铣几个孔，如图 2-26 所示。模板采用标准化，可以减少垫铁的规格，加快锁模速度。

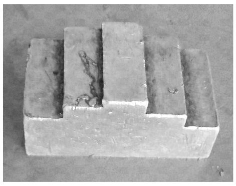


图 2-25　阶梯垫铁

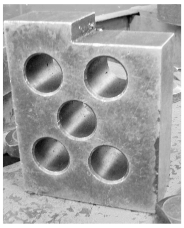


图 2-26　高垫铁

垫铁一般用 45 钢制作，硬度 40HRC 左右。

使用垫铁要注意以下两点：

1）垫铁应与模板等高，否则与模板的平行度差，影响螺栓的锁紧力，且螺栓容易受损。如果不等高，可以在垫铁或模板上垫一两个干净平行的铁片，注意不要多垫，否则铁片间易产生相对滑动，影响锁模的可靠性。

2）垫铁不能两个以上叠放，如果锁模板高，可以采用图 2-26 所示的高垫铁。

在冲压生产中，尤其是落料和切边工序的振动较大，螺栓不断承受忽强忽弱的拉力，即压板与垫铁时松时紧，锁上模尤其要注意规范操作，防止垫铁飞出来伤人，否则还有可能发生上模掉落的危险。

6. 压板

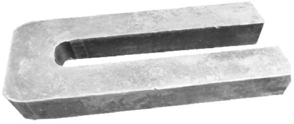
压板在模具锁槽和设备 T 形槽位置错位时，可用来压住锁紧模具的垫铁。

压板通常有以下几种类型：

（1）带螺栓压板　平时螺栓和螺母可预拧在上面，使用时加一垫铁就可快速锁模，如图 2-27a 所示。

（2）普通压板　如图 2-27b 所示。材料为 45 钢，弯曲部分通过锻造来完成，保持材料流线，保证硬度 HRC35 ~ 38，这种压板的特点是使用起来较灵活。

a)



b)

图 2-27　压板

a）带螺栓压板　b）普通压板

（3）快速压板　这种压板不用垫铁，可直接锁模，是最快速的一种锁模压板，如图 2-28所示。快速压板较适合标准化模具，对规格形式较多的模板，还要加垫片进行调节。

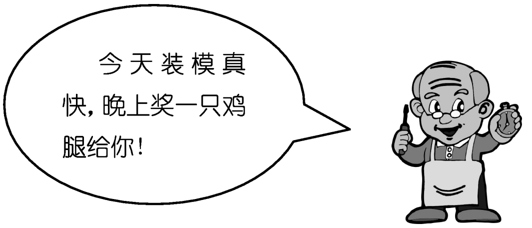
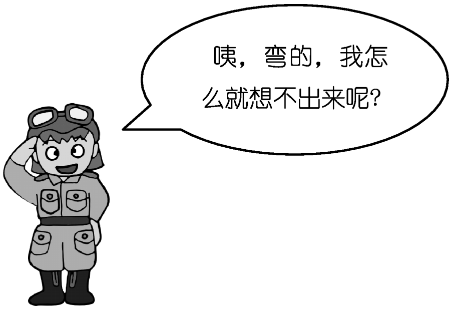


图 2-28　快速压板

（4）特殊压板

1）在 T 形槽和模板锁槽错位，且距离较远的情况下，要用特殊压板。图 2-29 所示为弯形压板。

2）当托杆挡住压板压模位置时，要用宽形压板，即压板中间的槽比托杆直径大，压板穿过托杆压住模具。



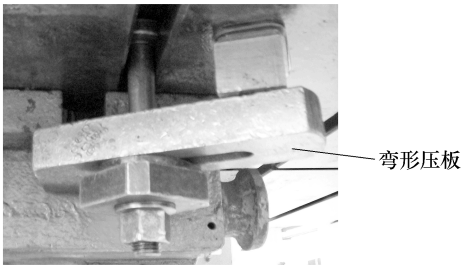


图 2-29　弯形压板

7. 垫圈

垫在螺母下面，用来锁紧螺栓，如图 2-23 和图 2-30 所示。

垫圈形式有方形、圆形、长方形等，依据特殊使用要求，还可做成不对称孔和 U 形铁形式。图 2-30a 所示为不对称孔形式，用在 T 形槽距模具加强筋很近的情况。图 2-30b 所示 U 形铁垫圈用在液压快速夹模器上，即当模板的高度变化大于夹模器的行程时采用。可做成几种厚度的垫圈备用。

a)　　b)

图 2-30　垫圈

垫圈也是用 45 钢制作，硬度为 38～42HRC。

图 2-30a 所示的垫圈，孔边已压变形。垫圈如果与螺母的接触面出现变形，就不宜再用了。

8. 扳手

用来锁紧螺母、螺栓的工具。

冲压用扳手一般有两种类型：一种是单头梅花扳手，另一种是单头呆扳手，如图 2-31 所示。呆扳手操作较方便，但在施力较大时，梅花扳手更为可靠，不易滑脱。

为了加大力矩，还可在扳手臂上套上套筒。扳手的规格按螺母尺寸来选，小型开式压力

机用 M20 的螺母，对边尺寸一般选用 $S=30$ 的扳手。中大型压力机用 M24 的螺母，$S=36$ 或 $S=41$，看用的螺母是大螺母还是小螺母。

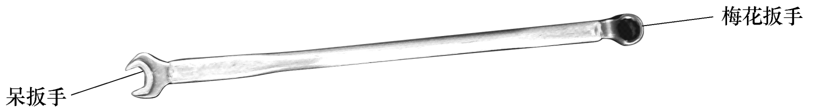


图 2-31　扳手

> **思　　考**
>
> 1. 什么是垫铁？什么是垫块？
> 2. 垫块出现螺母凹坑是什么原因？
> 3. U 形压板直接气割出来，铣完进行热处理，这种加工工艺是否正确？
> 4. 垫圈是否需要热处理？
> 5. 使用液压快速夹模器，行程不够长怎么办？

2.4　冲压用 T 形槽用螺栓如何选用和检测

冲压用 T 形槽用螺栓的作用是将冲压模具与冲压设备紧固联接。

T 形槽用螺栓是标准件，目前的标准是 GB/T 37-1988。

T 形槽用螺栓标记示例：GB/T 37　M12 ×80。

示例含义：T 形槽用螺栓的螺纹规格 $d=$ M12、公称长度 $l=80$mm、性能等级为 8.8 级、表面氧化。

1. T 形槽用螺栓的受力情况分析

螺母的拧紧力矩由三部分组成：

第一部分，由螺纹升角产生。

第二部分，为螺纹摩擦副摩擦产生，约占 40%。

第三部分，为支撑面摩擦产生，约占 50%。

螺母的扭紧力矩可采用以下公式表示：

$$T=0.2Fd$$

式中　F——预紧力；

d——螺纹大径。

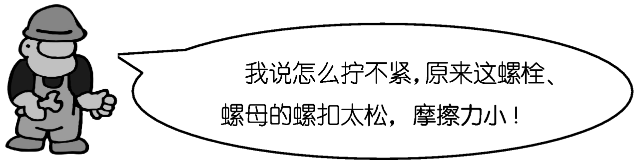


表 2-1 列出了控制螺栓预紧力的一般方法。

表 2-1　控制螺栓预紧力的一般方法

控制方法	特点和应用		
感觉法	扭紧 4.6 级螺栓施加在扳手上的预紧力		
	螺纹大径	预紧力	操作要领
	M16	320N	加全身力

（续）

控制方法	特点和应用		
感觉法	螺纹大径	预紧力	操作要领
	M20	500N	用全身力再加上全身重量
	靠操作者在扭紧时的感觉和经验，经济简单，对有经验的操作者，误差可达40%，用于一般情况		
力矩法	用测力矩扳手控制预紧力，误差为25%。若表面有涂层，支撑面和螺纹表面质量较好，力矩扳手示值准确，则误差可显著减小		
螺母转角法	螺栓预紧力达到 F_0 时所需的螺母转角 $$\theta=\frac{360°}{P}\frac{F_0}{C_P}$$ 式中 P—螺距 C_P—螺栓的刚度（N/mm） 将螺栓副拧紧到“紧贴”位置，再转过角度 θ，误差 ±15% 此法在美国和德国的汽车工业中广泛采用		
测量螺栓伸长法	用于螺栓在弹性范围内的预紧力控制，误差在±（3%~5%），测量费用高，适于特殊场合		

2. T形槽用螺栓的性能等级

螺栓力学性能和保证应力的性能划分（见表2-2）。

表2-2　螺栓，螺钉和螺柱的力学性能（摘自GB/T 3098.1—2010）

力学性能		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 $d\leqslant 16$mm①	8.8 $d>16$mm②	9.8 $d\leqslant 16$mm	10.9	12.9/<u>12.9</u>
抗拉强度 R_m/MPa	公称③	400		500		600	800		900	1000	1200
	min	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
下屈服强度 R_{eL}④/MPa	公称③	240	—	300	—	—	—	—	—	—	—
	min	240	—	300	—	—	—	—	—	—	—
规定非比例延伸0.2%的应力 $R_{P0.2}$/MPa	公称③	—	—	—	—	—	640	640	720	900	1080
	min	—	—	—	—	—	640	660	720	940	1100
紧固件实物的规定非比例延伸0.0048d的应力 R_{Pf}/MPa	公称③	—	320	—	400	480	—	—	—	—	—
	min	—	340⑤	—	420⑤	480⑤	—	—	—	—	—
保证应力 S_P/MPa	公称	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
保证应力比	$S_{P,公称}/R_{eL,min}$或$S_{P,公称}/R_{P0.2,min}$或$S_{P,公称}/R_{Pf,min}$	0.94	0.91	0.93	0.90	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.88
维氏硬度HV，$F\geqslant 98$N	min	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
	max	220⑥				250	320	335	360	380	435
布氏硬度HBW，$F=30D^2$	min	114	124	147	152	181	245	250	286	316	380
	max	209⑥				238	316	331	355	375	429

（续）

力学性能		性能等级									
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 d≤16mm①	8.8 d＞16mm②	9.8 d≤16mm	10.9	12.9/ 12.9
洛氏硬度HRC	min	—					22	23	28	32	39
	max	—					32	34	37	39	44
吸收能量 K_V ⑦,⑧/J	min	—		27	—		27	27	27	27	⑨

① 数值不适用于栓接结构。

② 对栓接结构 d≥M12。

③ 规定公称值，仅为性能等级标记制度的需要。

④ 在不能测定下屈服强度 R_{eL} 的情况下，允许测量规定非比例延伸0.2%的应力 $R_{P0.2}$。

⑤ 对性能等级4.8、5.8和6.8的 $R_{Pf,min}$ 数值尚在调查研究中。表中数值是按保证载荷比计算给出的，不是实测值。

⑥ 在紧固件的末端测定硬度时，应分别为：250HV或238HBW。

⑦ 试验温度在－20℃下测定。

⑧ 适用于 d≥16mm。

⑨ K_V 数值尚在调查研究中。

冲压用T形槽用螺栓，由于关系到操作人员及模具的安全，因此对螺栓性能等级的选用，一般都要留有数倍承载余量。

3. T形槽用螺栓的最小拉力载荷计算

1）螺栓应力截面积的计算

适用于计算螺纹的保证应力。

$$A_S = 0.7854(d - 0.9382P)^2$$

式中 A_S——螺纹的应力截面积（mm^2），常用T形槽用螺栓的应力截面积也可查表2-3；

d——螺纹大径的公称尺寸（mm）；

P——螺距（mm）。

2）保证载荷 F_P

$$F_P = A_S S_P$$

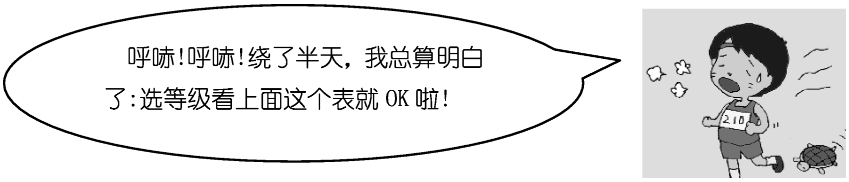
式中 A_S——螺纹的应力截面积，在表2-3中可查到（mm^2）；

S_P——螺纹的保证应力，在表2-2中可查到（MPa）。

表2-3 常用T形槽用螺栓的保证载荷（摘自GB/T 3098.1—2010）

螺纹大径 d/mm	螺距 P /mm	应力截面积 A_S /mm^2	性能等级									
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
			保证载荷/N									
18	2.5	192	34 600	43 200	59 500	53 800	73 000	84 500	115 000	—	159 000	186 000
20	2.5	245	44 100	551 000	76 000	68 600	93 100	108 000	147 000	—	203 000	238 000
22	2.5	303	54 500	682 000	93 900	84 800	115 000	133 000	182 000	—	252 000	294 000
27	3	459	63 500	103 000	142 000	128 000	174 000	202 000	275 000	—	381 000	445 000
30	3.5	561	101 000	126 000	174 000	157 000	213 000	247 000	337 000	—	466 000	544 000

注：螺纹大径22mm的螺栓为非常用规格。



4. 各性能等级螺栓用钢的化学成分极限和最低回火温度(见表2-4)。

表2-4　各性能等级螺栓用钢的化学成分极限和最低回火温度(摘自GB/T 3098.1—2010)

性能等级	材料和热处理	化学成分极限(熔炼分析质量分数,%)①					回火温度/℃
		C		P	S	B②	min
		min	max	max	max	max	
4.6③,④	碳钢或添加元素的碳钢	—	0.55	0.050	0.060	未规定	—
4.8④							
5.6③		0.13	0.55	0.050	0.060		
5.8④		—	0.55	0.050	0.060		
6.8④		0.15	0.55	0.050	0.060		
8.8⑥	添加元素的碳钢(如硼或锰或铬)淬火并回火或碳钢淬火并回火或合金钢淬火并回火⑦	0.15⑤	0.40	0.025	0.025	0.003	425
		0.25	0.55	0.025	0.025		
		0.20	0.55	0.025	0.025		
9.8⑥	添加元素的碳钢(如硼或锰或铬)淬火并回火或碳钢淬火并回火或合金钢淬火并回火⑦	0.15⑤	0.40	0.025	0.025	0.003	425
		0.25	0.55	0.025	0.025		
		0.20	0.55	0.025	0.025		
10.9⑥	添加元素的碳钢(如硼或锰或铬)淬火并回火或碳钢淬火并回火或合金钢淬火并回火⑦	0.20⑤	0.55	0.025	0.025	0.003	425
		0.25	0.55	0.025	0.025		
		0.20	0.55	0.025	0.025		
12.9⑥,⑧,⑨	合金钢淬火并回火⑦	0.30	0.50	0.025	0.025	0.003	425
12.9⑥,⑧,⑨	添加元素的碳钢(如硼、锰、铬或钼)淬火并回火	0.28	0.50	0.025	0.025	0.003	380

① 有争议时，实施成品分析。

② 硼的质量分数可达0.005%，非有效硼由添加钛和/或铝控制。

③ 对4.6和5.6级冷镦紧固件，为保证达到要求的塑性和韧性，可能需要对其冷镦用线材或冷镦紧固件产品进行热处理。

④ 这些性能等级允许采用易切钢制造，其硫、磷和铅的最大质量分数为：硫0.34%，磷0.11%，铅0.35%。

⑤ 对碳的质量分数低于0.25%的添加硼的碳钢，其锰的最低质量分数分别为：8.8级为0.6%，9.8级和10.9级为0.7%。

⑥ 对这些性能等级用的材料，应有足够的淬透性，以确保紧固件螺纹截面的芯部在“淬硬”状态，回火前获得约90%的马氏体组织。

⑦ 这些合金钢至少应含有下列的一种元素，其最小质量分数分别为：铬0.30%，镍0.30%，钼0.20%，钒0.10%。当含有二、三或四种复合的合金成分时，合金元素的含量不能少于单个合金元素质量分数总和的70%。

⑧ 对12.9/12.9级表面不允许有金相能测出的白色磷化物聚集层。去除磷化物聚集层应在热处理前进行。

⑨ 当考虑使用12.9/12.9级，应谨慎从事。紧固件的能力、服役条件和扳拧方法都应仔细考虑。除表面处理外，使用环境也可能造成紧固件的应力腐蚀开裂。

5. T 形槽用螺栓的尺寸规格

T 形槽用螺栓如图 2-32 所示，T 形槽用螺栓的尺寸规格见表 2-5。

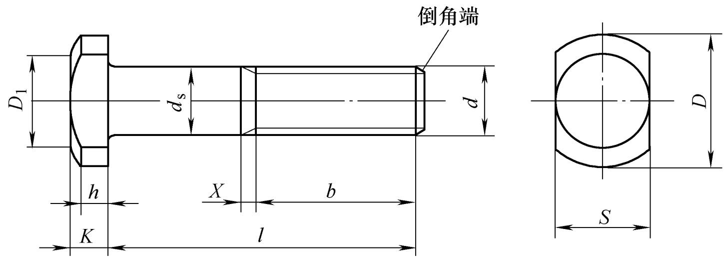


图 2-32　T 形槽用螺栓

表 2-5　T 形槽用螺栓的尺寸规格(摘自 GB/T 37-1988)　　（单位：mm）

螺纹规格 d		M16	M20	M24	M30	M36	M42
b(参考)	$i\leqslant125$	38	46	54	66	78	—
	$125<i\leqslant200$	44	52	60	72	84	96
	$i>200$	57	65	73	85	97	109
ds	max	16	20	24	30	36	42
D		38	46	58	75	85	95
K	max	11.95	14.35	16.35	20.42	24.42	28.42
h		9	10.4	11.8	14.5	18.5	22.0
S	公称	28	34	44	57	67	76
X	max	5	6.3	7.5	8.8	10	11.3
l①,②	长度范围	55～160	65～200	80～240	90～300	110～300	130～300
性能等级	钢	8.8					按协议
表面处理	钢	1）氧化；2）镀锌钝化					

① 长度系列(单位为 mm)：20～50(5 进位)、(55)、60、(65)、70～160(10 进位)、180～300(20 进位)。

② 尽可能不采用括号内的规格。

6. 新制 T 形槽用螺栓的检验

由于冲压用的 T 形槽用螺栓主要是用来承受模具重量载荷，因而对其质量要求较高，对每一批次制作的螺栓都要严格抽检。

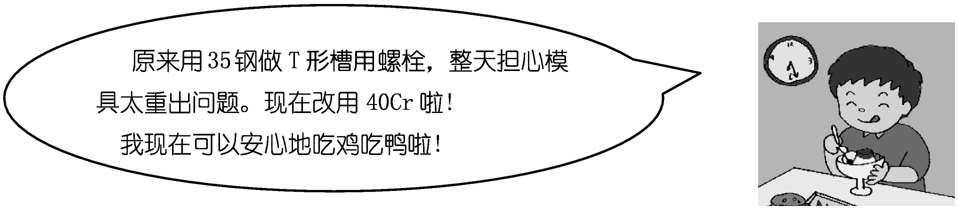
抽检频次：每种规格视批量大小抽检 3%～8%。

检测方法：主要是查尺寸与外观和查性能。

（1）查尺寸与外观

1）按 GB/T37—1988 检测螺栓的几何尺寸是否正确，并将螺母反复旋入螺栓几次(螺栓与螺母最好是一同购入)，看是否滑顺。

2）查螺栓表面有无缺陷，如螺纹损伤、裂纹、歪斜、脱扣，螺栓头与杆部有无规定的圆角等。



（2）查性能　用于T形槽用螺栓的检测主要有以下几种方法：

1）查看制作方的质量检测报告，报告内容要有力学性能、硬度和化学成分的检测内容，并要求当载荷大于保证载荷（见表2-3）要求值以上时才发生断裂。断裂应在杆部或螺纹部，而不应在头与杆的交接处。试验的螺栓应随制作的螺栓一并提交。

使用者可自行检测螺栓硬度，必要时力学性能可委托第三方复检。

2）经验法。将螺栓与螺母垫上垫块，压板和垫圈固定在工作台上，施加超过平时拧紧时用的扭矩，即多拧小半圈到一圈，然后松开，查看螺栓和螺母的螺纹有无脱扣现象，受力部位有无变形情况等。重复以上动作几次，反复查看，若有异常为不合格螺栓。一般误差有±40%。

3）力矩法。用测力矩扳手或定力矩扳手测力，一般认为误差有±25%。施力尽量接近表2-3中的相应保证载荷，然后检查螺栓状态。

4）应变计法。在螺栓的无螺纹部分贴电阻应变片，以控制螺栓杆所受拉力。误差可控制在±1%，但费用昂贵。

5）螺母转角法，见表2-1。

6）测量螺栓伸长法，见表2-1。

对于旧的螺栓也要定期检测，定量报废，避免因螺栓有问题而发生安全事故。

思　考

1. 某设备用的最大模具是16t，我们应该选用什么样的螺栓？一套模具配几个螺栓？
2. 当我们没有也找不到螺栓检测设备时，有没有简便的方法对螺栓作查验？
3. 什么是螺栓的性能等级？如何选用？
4. 冲压常用螺栓规格有哪几种？

2.5　冲压锁模用什么螺母

1. 冲压用螺母的力学性能和化学成分（见表2-6）。

表2-6　冲压用螺母的力学性能和化学成分（摘自GB/T 3098.2-2000）

性能等级	螺纹直径 D/mm	保证应力 S_P/MPa	维氏硬度HV		化学成分（质量分数，%）			
			min	max	C max	Mn min	P max	S max
4[①]	>16～39	510	117	302	0.50	—	0.06	0.15
5[①]	>10～16	610	130	302	0.50	—	0.06	0.15
	>16～39	630	146					

（续）

性能等级	螺纹直径 D/mm	保证应力 S_P/MPa	维氏硬度 HV		化学成分(质量分数,%)			
			min	max	C max	Mn min	P max	S max
6①	>10~16	700	150	302	0.50	—	0.06	0.15
	>16~39	720	170					
8	>10~16	880	200	302	0.58	0.25	0.06	0.15
	>16~39	890	180					
	>16~39	920	233	353				
9	>10~16	950	188	302	0.58	0.25	0.06	0.15
	>16~39	920						
10②	>10~16	1050	272	353	0.58	0.30	0.048	0.058
	>16~39	1060						
12②	>10~16	1190	272	353	0.58	0.45	0.048	0.058
	>16~39	1200						

① 允许用易切钢制造，其硫、磷、铅的最大质量分数为：硫 0.3%，磷 0.11%，铅 0.35%。
② 为改善螺母的力学性能，必要时可增添合金元素。

2. 常用粗牙螺母的保证载荷(见表 2-7)

表 2-7　常用粗牙螺母的保证载荷(摘自 GB/T 3098.2—2000)

螺纹规格	螺距/mm	螺纹应力截面积 A_S/mm²	性能等级							
			4	5	6	8		9	10	12
			保证载荷/N							
			1 型	1 型	1 型	1 型	2 型	2 型	1 型	2 型
M18	2.5	192	97 900	121 000	138 200	176 600	170 900	176 600	203 500	230 400
M20	2.5	245	125 000	154 400	176 400	225 400	218 100	225 400	259 700	294 000
M22	2.5	303	154 500	190 900	218 200	278 800	269 700	278 800	321 200	363 600
M24	3	353	180 000	222 400	254 200	324 800	314 200	324 800	374 200	423 600

3. 螺母的选用

冲压用螺母主要是为了锁紧模具。为了保证承载的可靠性和锁紧的方便性，一般用六角厚螺母。也可根据需要做成非标形式，如把六角法兰面螺母和六角厚螺母进行综合，如图 2-33所示。

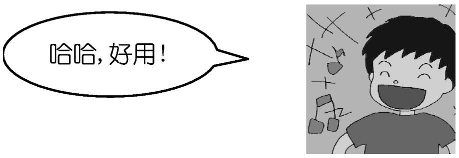


图 2-33　六角带法兰厚螺母

对汽车行业，用得较多的是 M20 和 M24 的规格。125t 及以下设备用 M20，125t 以上用 M24。

选用哪种性能等级的螺母，要配合 T 形槽用螺栓来选。考虑螺母的制作成本要低于螺栓，在充分满足螺母保证载荷的情况下，螺母的性能等级可略低于螺栓。

4. 冲压用六角厚螺母的常用规格(见图 2-34 和表 2-8)。

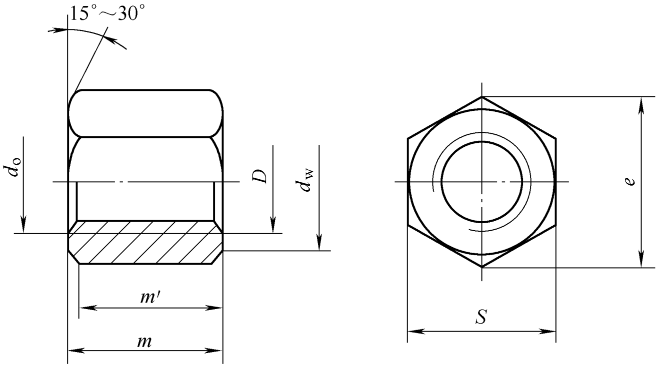


图 2-34　六角厚螺母

表 2-8　常用六角厚螺母的尺寸规格(摘自 GB/T 56—1988)　　(单位:mm)

螺纹规格 D		M16	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	M42	M48
d_a	max	17.3	19.5	21.6	23.7	25.9	29.1	32.4	38.9	45.4	51.8
	min	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
d_w	min	22.5	24.8	27.7	31.4	33.2	38	42.7	51.1	60.6	69.4
e	min	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2	50.85	60.79	72.09	82.6
m	max	25	28	32	35	38	42	48	55	65	75
	min	24.16	27.16	30.4	33.4	36.4	40.4	46.4	53.1	63.1	73.1
m'	min	19.33	21.73	24.32	26.72	29.12	32.32	37.12	42.48	50.48	58.48
s	max	24	27	30	34	36	41	46	55	65	75
	min	23.16	26.16	29.16	33	35	40	45	53.8	63.8	73.1

注：尽可能不采用括号内的规格。

5. 螺母的检验

螺母检验可以参照螺栓检验的方法。

第一，首先查尺寸，即查螺母的公称尺寸及与螺栓的配合情况。

第二，查性能，较常用的是检验螺栓的经验法。

查螺栓的性能时，与螺栓配合的螺母也相应受力。观察和检测螺母受力后的状态有无异常和变形，尤其是是否有常常出现的脱扣及受力端面变形的现象。出现这种现象说明螺母的硬度不够和/或强度不够，是不合格的。

思　考

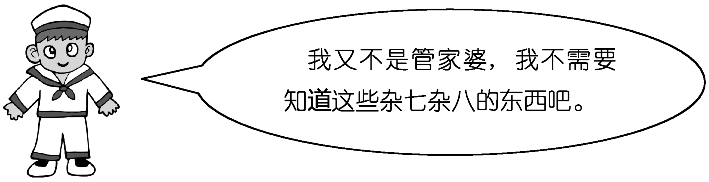
1. 如果发现螺母拧螺栓不滑顺或太松，怎样判断是螺栓的问题还是螺母的问题，或者都有问题？

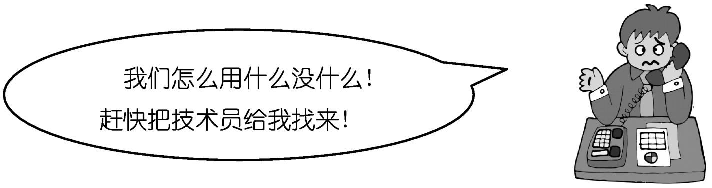
2. 螺母用到出现什么情况就不能再用了？

3. 什么样的螺母是合格的？

2.6　冲压用其他辅具有哪些

冲压除了锁模用辅具外，常常还要用到其他一些辅助工具。如：托杆、垫板定位销、模具定位销、起重棒、吊具、索具、拉深油盒、快换接头、铁剪、手持电磁吸盘、镊子，及修零件用的垫块、锤子，还有电动/气动角磨机、手电钻、剪板机定位板、材料进出器、起重工口哨和橡胶锤等，这些用品都要列在辅具清单里，并标明使用点和配置量，有关部门依此作生产准备或正常生产的采购。





1. 托杆

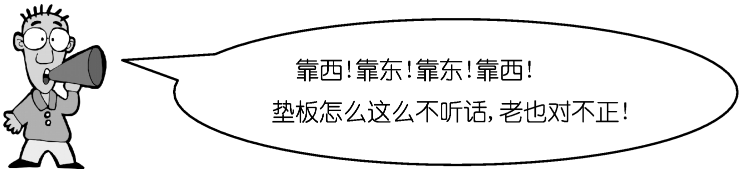
托杆是单动压力机常备的辅具，是拉深、成形类模具所不可缺少的。

托杆平时要妥善保管，不可兼作他用，以保证其精度。对多规格的托杆，一定要严格定置，同规格托杆要在端头打上标记，不能放混，以免误用造成模具损坏事故。

托杆如何设计及使用管理详见 2.6.7 小节。

2. 垫板定位销

当压力机的闭合高度满足不了模具的装模高度时，要装垫板。安装垫板时要避免使托杆孔错位，必须与工作台板对正后才能固定。



对用于安装中大型模具的垫板，可做 4 个定位销。定位销头部要做成长锥形，长度比垫板的厚度小一个安全距离，使用时插在工作台板的 4 个角孔上(垫板的对应处也要有孔)。当垫板插入定位销后，就可直降到工作台上。定位销的直径比垫板的定位孔直径小 0.5mm 即可。

3. 模具定位销

模具定位销有两种。

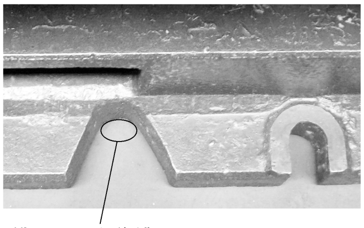
1）自动化生产线用定位销。其目的是为了减少机器人或机械手的调整，将模具安装在设备的固定位置上。这种定位销是长方形的，使用时纵横两向卡在设备的定位槽或 T 形槽中，上露出端再卡在模具的卡槽上，完成定位。

2）一些老式模具和设备没有定位槽，而是在下模板上做两个如图 2-35a 所示的人字槽。定位时将图 2-35b 所示的大头定位销插进托杆孔里，将模具的人字槽靠在大头定位销上落下，完成模具定位。在非自动化生产中，使用托杆的模具尤其需要定位，否则托杆不容易对正托杆孔，模具易出事故。定位销的使用位置在托杆布置图中要标明。

4. 拉深油盒

冲压生产中常常要用到拉深油，尤其是汽车覆盖件生产或深拉深件。这些工件对润滑的要求有时是很严格的，拉深油多一点起皱，少一点缩颈(暗伤)，甚至拉裂。而平时上拉深油的油刷浸在油盒里，一上油就是厚厚一层，不但影响效果，还流得到处都是，而且油盒里的油容易受污染，使零件产生坑包。

图 2-36 为一个拉深油盒示例。油刷可以放在漏油板上，不用时还可以插一块盖板，防止杂质进入。



a)

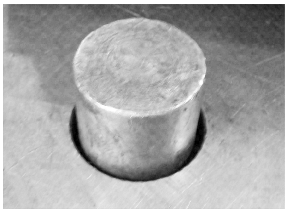

b)

图 2-35　模具定位销
a）人字槽　b）大头定位销

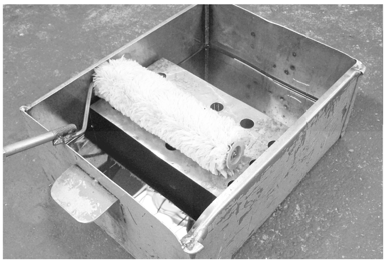


图 2-36　拉深油盒

5. 起重棒

对较大型模具，为了增加起吊的安全性，一般不采用铸入式起重棒，而是采用在凸耳式起吊孔内插入起重棒。

起重棒的制作有汽车行业标准，其使用形式如图 2-37 所示。

6. 索具

挂在起重机吊钩上，与需要起重的物品(如模具、工位器具、设备零部件和材料等)相连接的软绳。

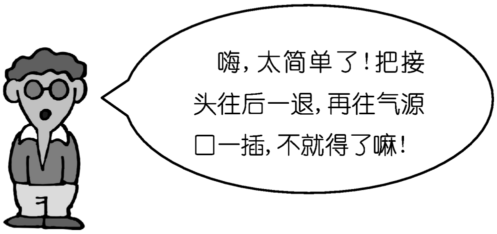
一个工厂一般要准备几种不同规格形式的索具用于不同场合。

7. 快换接头

快换接头顾名思义，就是能够很方便插拔的接头。

图 2-37　起重棒

气动工具与气源连接，广泛采用的就是快换接头，如图 2-38 和图 2-39 所示。专门的冲压车间里都有很多的压缩空气气源点，以方便就近使用。



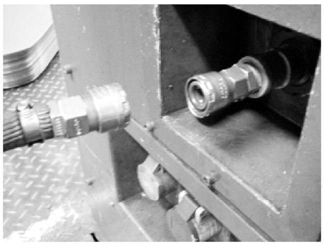
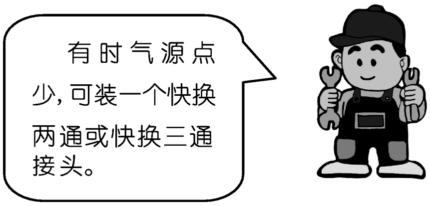


图 2-38　快换接头

图 2-39　快换三通接头



8. 铁剪

铁剪主要用于材料剪切开包、模具调试局部剪料、超过剪板机剪切长度的临时剪料和零件修改。

冲压用铁剪分为电动剪、白铁剪和鹰嘴剪。

1）电动剪。用于所剪材料长度大、工作量大的情况。剪断面会略有不平，但毛刺控制较好，如图 2-40 所示。

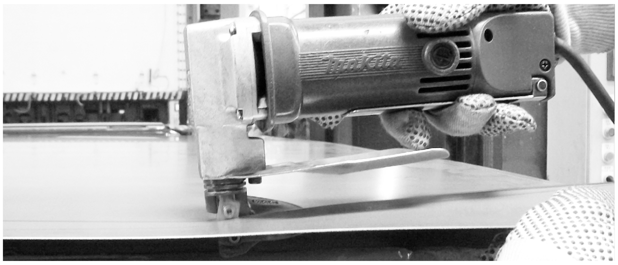


图 2-40　电动剪

2）白铁剪。用于手工剪切一般的冲压材料，适于 1. 2mm 以下厚度的材料。

3）鹰嘴剪。主要用于材料开包和剪断硬度较大的钢捆带，如图 2-41 所示。图 2-42 所示也是一种开包剪。

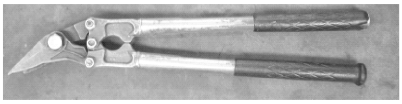
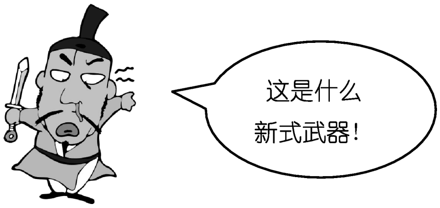


图 2-41　鹰嘴剪



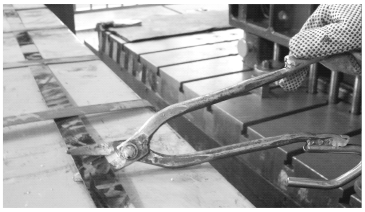


图 2-42　开包剪

9. 手持电磁吸盘

为防止人手进入非安全区而使用的辅助进出料工具，如图 2-43 和图 2-44 所示。其中图 2-43所示的电磁吸盘要连接电源，图 2-44 所示的手动吸盘不用连接电源。

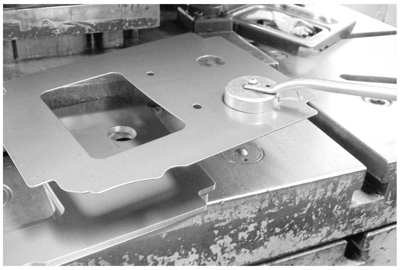


图 2-43　中大型零件用电磁吸盘

图 2-44　小型零件用手动吸盘

电磁吸盘的吸力有大有小，盘径也有大有小，可根据所生产零件的轻重大小来选择。对有的小零件，吸盘直径过大会导致无法定位。

10. 镊子

镊子的作用类似吸盘。镊子的形状也有多种，使用时可根据所生产零件的形状定，以操作方便为原则。

11. 修零件常用的工具

冲压零件常常会出现毛刺、划伤、坑包、起皱、缩颈(暗伤)和裂纹等缺陷。为了减少浪费，在不影响零件正常使用的前提下，要对其进行修复。另外，零件改制，还会用到切割工具。修零件常用的工具有：

1）垫块、锤子、砧座。作用是修复零件表面的坑包和起皱。由于零件的形状各异，对汽车车身覆盖件来说，多有弧面，因此垫块、锤子的形状很重要，一般要备一个系列。垫块和钣金锤如图 2-45 和图 2-46 所示。

合适的垫块市场上不多，可以根据实际需要自己铣制。还可自己制作砧座，如图 2-47 所示。

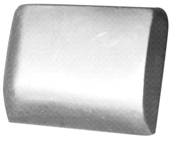


图 2-45　垫块

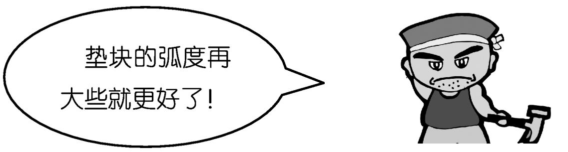


图 2-46　钣金锤

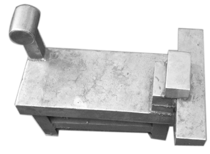
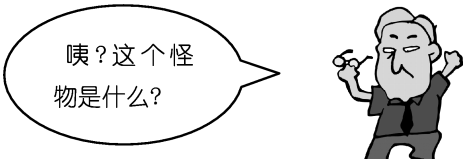


图 2-47　砧座



2）角磨机(见图 2-48 ~ 图 2-50)是运动轴线与手柄成 90°角的切磨工具。角磨机有电动和气动等形式，可以装角磨片或切割片，也可装钢刷。它可用来磨毛刺和焊接凸起，及除锈、抛光等。

图 2-48　气动角磨机

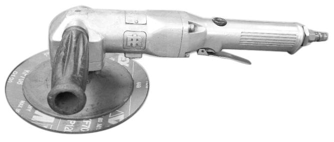


图 2-49　抛光机

3）手电钻(见图 2-51)常用来改制零件用，如给零件钻孔等。

图 2-50　电动角磨机

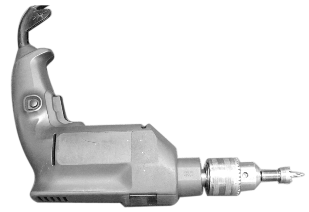


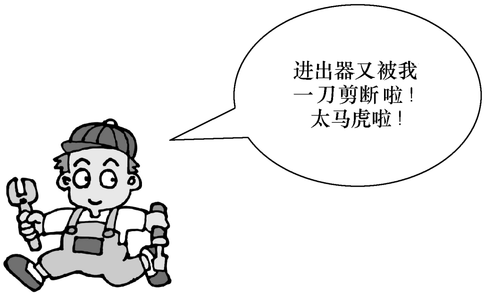
图 2-51　手电钻

12. 剪切材料进出器(见图 2-52)

用剪板机操作，当剪切材料较窄或手工操作较困难时，可利用剪切材料进出器来进行操作。

剪切材料进出器的头部一面做出凹槽用于进料，另一面做出凸台用于钩料，使用起来很方便，但头部不要超过剪板机的额定剪切厚度，以免误操作时损伤刀口。

剪切材料进出器可用 Q235 钢板制作，不需要热处理，头部钝了修磨一下即可。总之，材料不要太硬。



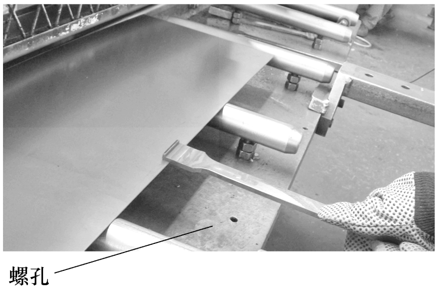
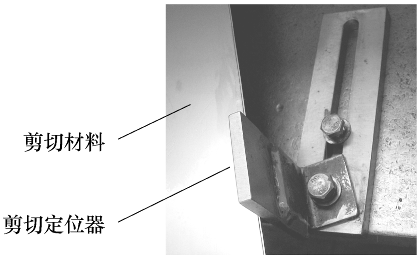


图 2-52　剪切材料进出器

13. 剪切材料定位器（见图 2-52 的螺孔和图 2-53）



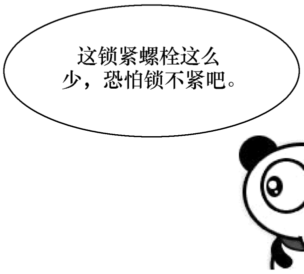


图 2-53　剪板机定位器

在剪板机工作面上，有规律地钻几排螺孔，做两到四个可调位置的直角装置，固定在剪板机的螺孔上，配合剪板机前后定位，可剪斜料等异形料。目前像图 2-52 所示的老式剪板机现已不多了。

14. 料钩/料铲

冲压进料时，材料常常几片粘在一起难以分开。图 2-54 所示的料钩是用一小片锯齿焊在一个弹簧片做的弯把手上，利用锯齿上的齿，将材料一片片钩起来。

冲压件叠放在一起，在进行下道工序时，较难分开。图 2-55 所示的料铲可用来将冲压件分开并抬起。

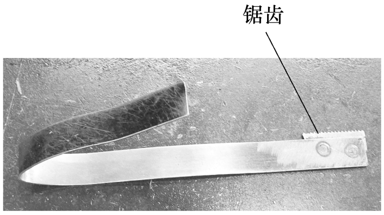


图 2-54　料钩

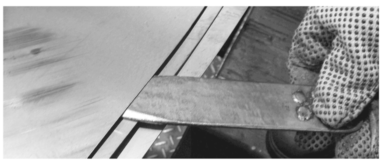


图 2-55　料铲

15. 废料吸

一些老式模具没有做废料槽，每次生产后，模具缝隙中都会有很多难以清除的废料。工人们发挥自己的聪明才智，做了图 2-56 所示的废料吸。

废料吸的头部装有磁铁，用来吸废料。磁铁连在一根活动杆上，可上下抽拉，以使头部磁力

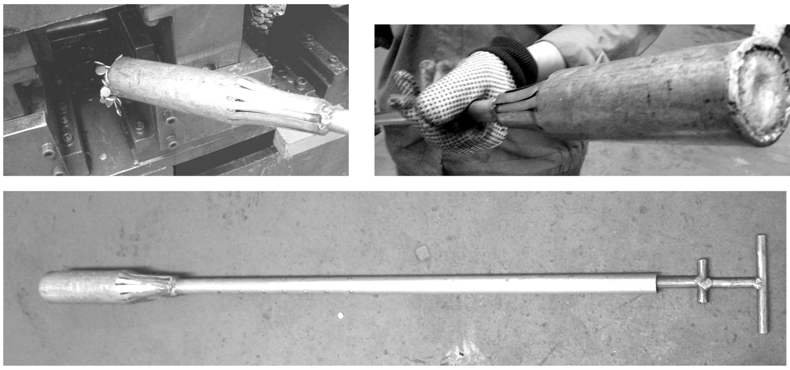
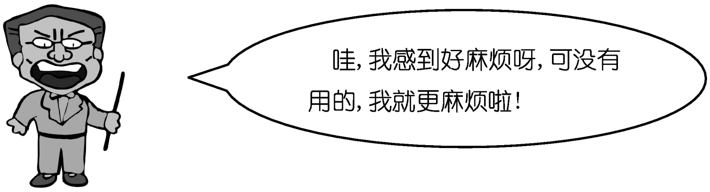


图 2-56　废料吸

根据需要消失，使废料自动脱离废料吸头部。为防止废料进入套管，在头部用铜片封住开口。

废料吸可根据需要做大小几个系列，以方便使用和提高使用效率。

冲压生产中还常用到一些辅具，如索具卸扣、锁垫板的螺栓和螺母、内六角扳手、钳子、小模具顶料装置用螺杆、托板等，在做冲压辅具清单时要全部列出来。外购件和工厂的仓库备货，要依据技术人员提供的辅具清单。存货用到一定程度，需依据配置量来决定是否要补货，因为有的物品有较长时间的采购周期，不能零库存。



思　　考

1. 你们工厂的辅具有哪些？用的是什么型号的？
2. 角磨机的型号在哪里能查到？
3. 列出你们工厂常用的辅具清单。

2.7　冲压常用吊具有什么类型

1. 冲压吊具的使用点

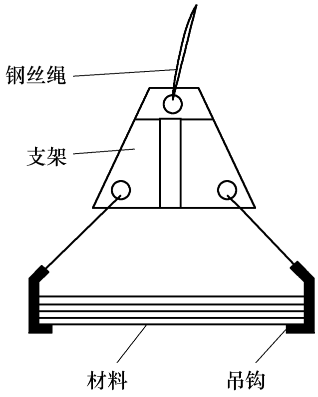
1）材料准备工段起吊材料。

2）用于固定式工作台中小模具的起吊。

2. 起吊材料用吊具

不论是板料还是剪切的毛坯材料，直接用钢丝绳或吊链起吊，往往会造成叠料的边缘翘曲变形，而冲压零件是不允许出现这种材料缺陷的。图 2-57 所示是起吊尺寸较大的材料所用的一种吊具，材料在“平”的状态下吊运，就可以保证材料边缘不受损。

对于尺寸较小的材料，可做一个小支架，或不做支架，将四个吊钩挂在桥式起重机吊钩上，起吊时，“端”住材料的四个点。



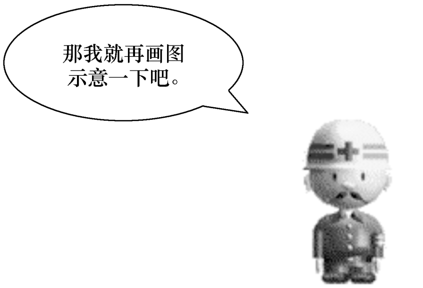
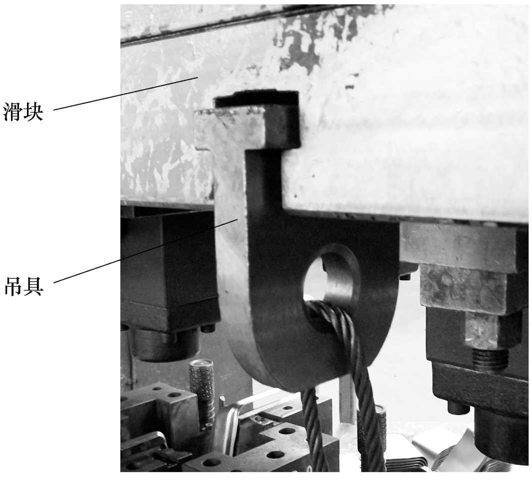


图 2-57　吊具及其示意图

吊钩要求刚性良好，所以可以用报废的汽车板簧，加热后弯曲制成。

3. 起吊模具的吊具

有些冲压设备既没有移动工作台，又没有装滑模器，装卸模具很不方便。如果采用图 2-58 所示的装卸模小吊具，就很方便。



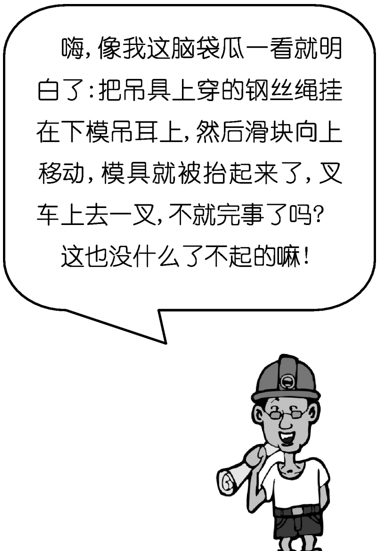


图 2-58　起吊模具的吊具

由于企业的产品不同，所需吊具也不同。

思　　考

1. 用于起吊模具的吊具，如果模具高差较大，钢丝绳或吊带在滑块升到最高点也拉不紧怎么办？

2. 起吊尺寸为 3500mm×2000mm 的材料，用一边 3 个吊钩的吊具是否合适？

2.8　索具如何选用

索具的作用是张拉固定、运输牵引、提升起重等。

冲压用的索具主要用在起重方面，如起吊模具、材料、工位器具、设备零部件等。

索具的类型有钢丝绳、吊带、链条(吊环)。

2.8.1　机构的工作类型

机构的使用等级见表 2-9，机构的载荷状态级别及载荷谱系数见表 2-10，机构的工作级别见表 2-11。

表 2-9　机构的使用等级(GB/T 3811—2008)

使用等级	总使用时间 t_T/h	机构运转频繁情况	使用等级	总使用时间 t_T/h	机构运转频繁情况
T_0	$t_T \leqslant 200$	很少使用	T_5	$3\,200 < t_T \leqslant 6\,300$	中等频繁使用
T_1	$200 < t_T \leqslant 400$		T_6	$6\,300 < t_T \leqslant 12\,500$	较频繁使用
T_2	$400 < t_T \leqslant 800$	不频繁使用	T_7	$12\,500 < t_T \leqslant 25\,000$	频繁使用
T_3	$800 < t_T \leqslant 1\,600$		T_8	$25\,000 < t_T \leqslant 50\,000$	
T_4	$1\,600 < t_T \leqslant 3\,200$		T_9	$50\,000 < t_T$	

表 2-10　机构的载荷状态级别及载荷谱系数(GB/T 3811—2008)

载荷状态级别	机构载荷谱系数 K_m	说　明	载荷状态级别	机构载荷谱系数 K_m	说　明
L1	$K_m \leqslant 0.125$	机构很少承受最大载荷，一般承受轻小载荷	L3	$0.250 < K_m \leqslant 0.500$	机构有时承受最大载荷，一般承受较大载荷
L2	$0.125 < K_m \leqslant 0.250$	机构较少承受最大载荷，一般承受中等载荷	L4	$0.500 < K_m \leqslant 1.000$	机构经常承受最大载荷

表 2-11　机构的工作级别(GB/T 3811—2008)

载荷状态级别	机构载荷谱系数 K_m	机构的使用等级									
		T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
L1	$K_m \leqslant 0.125$	M1	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2	$0.125 < K_m \leqslant 0.250$	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8

（续）

载荷状态级别	机构载荷谱系数 K_m	机构的使用等级									
		T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
L3	$0.250 < K_m \leqslant 0.500$	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8
L4	$0.500 < K_m \leqslant 1.000$	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	M8

注：各类起重机的机构分级举例参见附录 B。

2.8.2　钢丝绳

钢丝绳的特点是承载力大、耐磨、耐用，因而被广泛使用。

钢丝绳新标准为 YB/T 5343—2006。

1. 钢丝绳的类型

（1）一般钢丝绳　先用直径相同的钢丝捻制成圆形的股，再由若干股捻成绳。它们的结构用股数乘每股中钢丝的根数来表示，如 6×19 为 6 股，每股 19 根钢丝的钢丝绳。股的写法(1+6+12)，为股中 19 根钢丝的结构，即中心一根，中层 6 根，外层 12 根。

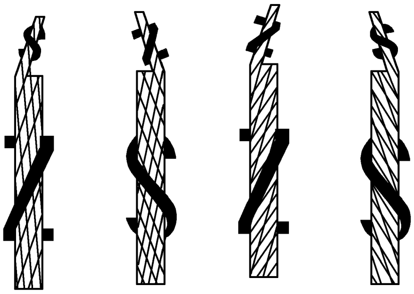
（2）西鲁式钢丝绳(S)　股的外层钢丝较粗，内层钢丝较细。

（3）瓦林吞式钢丝绳(W)　粗细式钢丝绳，股中同一层由不同直径钢丝相间组成，其耐磨性比西鲁式稍差。

（4）填充式钢丝绳(Fi)　在粗钢丝绳的缝隙之间加上细钢丝绳构成。

（5）钢丝绳的表面　光面钢丝的代号 NAT，镀锌钢丝有 ZAA、ZAB 和 ZBB 几种。

（6）圆股钢丝绳的捻法　右交互捻绳和股捻向相反，左交互捻绳和股捻向相同，右同向捻绳和股捻向相同，左同向捻绳和股捻向相同，如图 2-59 所示。



a)　　b)　　c)　　d)

图 2-59　钢丝绳按捻法分类

a）右交互捻(ZS)　b）左交互捻(SZ)

c）右同向捻(ZZ)　d）左同向捻(SS)

2. 钢丝绳的标记方法

GB/T 8706—2006 规定，钢丝绳的标记系列应由下列内容组成：①尺寸。②钢丝绳结构。③芯结构。④钢丝绳级别，适用时。⑤钢丝表面状态。⑥捻制类型及方向。具体标记方法如图 2-60 所示。

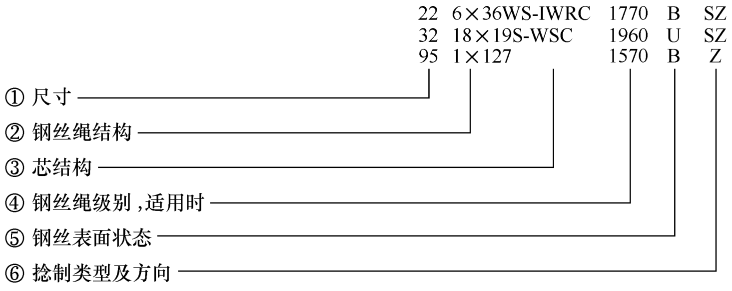


图 2-60　标记系列示例

注：本示例及本标准其他部分各特性之间的间隔在实际应用中通常不留空间。

3. 钢丝绳的选用

冲压索具常用的钢丝绳是普通光面钢丝绳，由优质碳素钢丝组成，主要用于起吊模具等重物。

钢丝绳有多种品种、规格，也有不同的用途。要参照国家标准，选用专门用于起重、提升和牵引设备常温条件下的钢丝绳。

在冲压生产中，起吊物有几个重量级别。如果按最大承载量来选钢丝绳，由于钢丝绳的直径较粗，柔性较差，起吊重量较轻的物品会操作不便，因此根据钢丝绳承载情况，可选配几种系列，分别使用。

选择钢丝绳的承载要考虑其在工作状态下，张开一定角度而消耗的分力。

表 2-12 摘自 GB/T 16762—2009《一般用途钢丝绳吊索特性和技术条件》，为钢丝绳成套索具与重物成一定角度使用时荷载的变化情况。

表 2-12　吊索的额定工作载荷(摘自 GB/T 16762—2009)

钢丝绳公称直径/mm	1670MPa 公称抗拉强度级							
	插编单肢吊索的额定工作载荷				两肢吊索的额定工作载荷			
					$\alpha \leq 90°$	$\beta \leq 45°$	$90° < \alpha \leq 120°$	$45° < \beta \leq 65°$
	纤维芯		金属芯		纤维芯		金属芯	
	kN	t	kN	t	kN	t	kN	t
16	18. 90	1. 93	20. 40	2. 08	31. 75	3. 24	34. 27	3. 49
20	29. 55	3. 01	31. 95	3. 26	49. 64	5. 06	53. 68	5. 47
22	35. 70	3. 64	38. 70	3. 95	59. 98	6. 12	65. 02	6. 63
24	42. 60	4. 34	46. 05	4. 70	71. 57	7. 30	77. 36	7. 89
26	49. 95	5. 09	54. 00	5. 51	83. 92	8. 56	90. 72	9. 25
30	66. 45	6. 78	71. 85	7. 33	111. 64	11. 38	120. 71	12. 31
32	75. 60	7. 71	81. 90	8. 35	127. 01	12. 95	137. 59	14. 03

注：1. 单肢吊索分为铝合金和插编两类，这里吊索的额定工作载荷仅以插编单肢吊索为例。
2. 多肢吊索要求各单肢吊索在无负荷时，长度误差不大于钢丝绳公称直径的 1. 5 倍，或不大于标准中规定长度的 5%，两者取大值。
3. 多肢吊索分为两肢、三肢或四肢，表中省略了三肢和四肢吊索的情况。
4. α 为两肢或四肢相对应的主装吊索之间的夹角，β 为多肢主装的吊索与垂直线之间的夹角。

一组钢丝绳的总破坏拉力也可按标准中所列公式作详细计算。

钢丝绳力学性能及最小破断拉力确定示例：

钢丝绳　6 × 19S + FC，公称直径 D 为 26mm

查表 2-13，可得

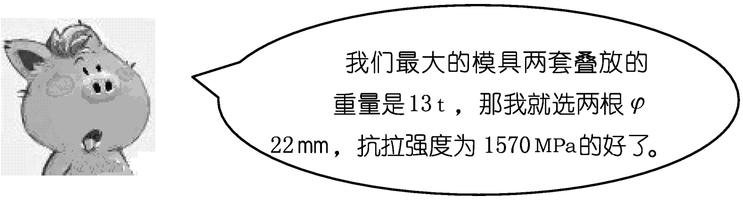
钢丝绳“6 × 19S + FC，公称直径 D 为 26mm”的最小破断拉力为 350kN。

表 2-13　钢丝绳 6 × 19S + FC 的规格及力学性能(摘自 GB/T 8918—2006)

钢丝绳公称直径 D/mm	参考重量(合成纤维芯)kg/100m	钢丝绳(纤维芯)公称抗拉强度/MPa				
		1570	1670	1770	1870	1960
		钢丝绳最小破断拉力/kN				
16	92. 1	133	141	150	158	166

（续）

钢丝绳公称直径 D/mm	参考重量(合成纤维芯)kg/100m	钢丝绳(纤维芯)公称抗拉强度/MPa				
		1570	1670	1770	1870	1960
		钢丝绳最小破断拉力/kN				
20	144	207	220	234	247	259
22	174	251	267	283	299	313
24	207	298	317	336	355	373
26	243	350	373	395	417	437
30	324	466	496	526	555	582
32	369	531	564	598	632	662



冲压用钢丝绳的两头要做成套环。套环由于涉及安全吊运，对接头牢度要求很高。图 2-61所示是由专业厂家制作的两种接头形式。

4. 钢丝绳使用时的注意事项

1）起吊物(如未包装的冲压材料等)不能与钢丝绳有尖锐的接触，必须在之间垫上隔离物品，以保护钢丝绳免受损伤。

2）钢丝绳严禁超载使用。

3）使用前要做好钢丝绳的检查工作，如出现报废现象(见钢丝绳报废标准)，就要坚决报废。

5. 钢丝绳报废标准

按照国际 GB/T 5972—2009，钢丝绳的安全使用由下列项目来评定：

1）断丝的性质和数量(可查标准中有关断丝数量的规定)。

2）绳端断丝。

3）断丝的局部聚集。

4）断丝的增加率。

5）绳股断裂。

6）绳径减小(见图 2-62)，包括绳芯损坏所致的情况。

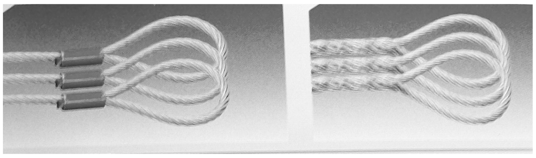


图 2-61　钢丝绳接头

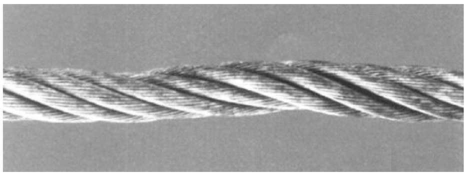


图 2-62　钢丝绳直径局部减小(绳股凹陷)

7）弹性降低。

8）外部和内部磨损。

9）外部及内部锈蚀。

10）变形。

11）由于受热或电弧的作用引起的损坏。

12）永久伸长率。

钢丝绳变形从外观分有以下几种现象：

1）波浪形。

2）笼状畸变(见图 2-63)。

3）绳股挤出。

4）钢丝挤出。

5）绳径局部增大。

6）绳径局部增大。

7）局部压扁。

8）扭结(见图 2-64)。

9）弯折。

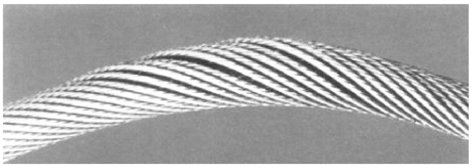


图 2-63　笼状畸变

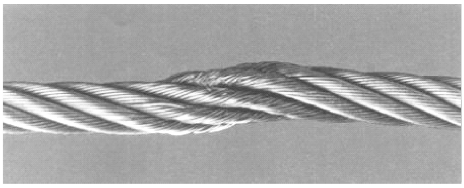


图 2-64　钢丝绳逆向扭结

对焊接环形链的报废要求是：

1）焊接环形链出现裂纹。

2）链条发生塑性变形，伸长达原长度的 5%。

3）链环直径磨损达原直径的 10%。

2.8.3　吊带

吊带(见图 2-65)的特点是柔性好、使用方便、不会碰伤起吊物、价格便宜，但承载力比钢丝绳小。

冲压用吊带主要是起吊中小模具、工位器具等。

吊带的材料为涤纶、丙纶、锦纶、杜邦丝等。

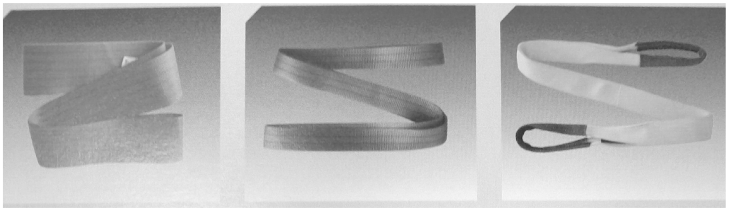
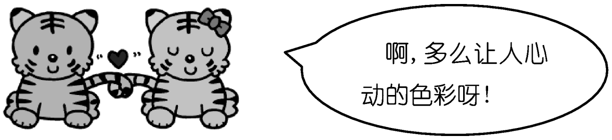


图 2-65　吊带



吊带不同的颜色代表不同的极限工作力，按照受力由小到大，吊带的颜色依次为：紫色、绿色、黄色、灰色、红色、棕色、蓝色、橘色。

吊带的尺寸规格和承受载荷可参见 JB/T 8521.1—2007。

2.8.4 吊链

吊链的柔性介于钢丝绳和吊带之间，其最大的特点是外表钢硬，起吊如冲压材料这样有尖锐棱边的重物时，不必对吊链进行专门防护。

吊链的规格确定可根据起吊重物的重量，查相关标准。

总之，索具的种类和结构形式多样，有专业化生产厂家制作，用户可根据自身的需要来选用。与索具配套的吊具和索具等配件，也是形式多样，这里不再赘述。

思　　考

1. 生锈的钢丝绳如何报废？
2. 起吊一套20t的模具，需要选什么样的钢丝绳？
3. ZAA 代表什么？
4. 什么地方可以用吊带？

2.9 什么是冲压辅料

凡是冲压生产中消耗性的物料都是冲压辅料。有些物品的性质介于辅具和辅料之间，可不必苛求属于哪一类。

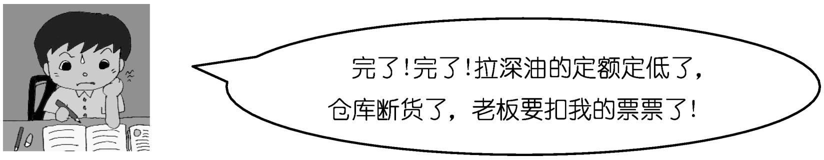
冲压常用辅料有：拉深油、防锈油、煤油、凡士林、小模具的顶料橡胶、金属除锈剂、擦布/擦纸、油刷、记号笔、U 形夹铁胶条/泡棉、橡胶垫、枕木、铅丝、模具清洗液、地板清洗液、空气胶管/喷雾胶管、各类磨头、角磨片、切割片、砂纸、砂布、油石等。

对各类辅料，要列出清单，见表 2-14。

表 2-14　辅料清单示例

序	规格型号	名　称	使用点	单位定额
1	* * *	拉深油	冲压 A 线；冲压 B 线	500kg/1000 台
2	φ5	铅丝	调模用	0.8m/1000 台
…	…	…	…	…

确定了辅料的消耗定额，仓库就可根据预产量来备货，防止使用时出现断货情况，影响生产。



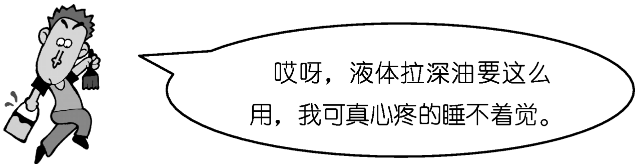
1. 拉深油

拉深油的作用：对材料和模具进行润滑，以减小进料阻力，减少模具磨损。

拉深油有液体和膏状两种形态：

1）液体拉深油又分为水性拉深油和油性拉深油。对汽车行业来说，水性拉深油适用于冲压件与焊装线。水性拉深油好清洗，清洗线接近流水作业，无较长存放保管期的情况。如果环境空气较潮湿，对存放时间较长的冲压件来说，用油性拉深油更有利于防锈。

2）膏状拉深油是用猪油等作为原料，制成白色膏状 3 号拉深油。这种拉深油成本较低，润滑效果也不错，一般用在需要大面积上油的大型汽车覆盖件上。但 3 号拉深油由于用量大，模具和拉深件上粘的到处都是，也给周围环境的保洁带来一定困难。



使用拉深油时需注意：要规定哪些零件用及用什么类型的拉深油，并规定使用频次。

（1）液体拉深油的质量确定　阅读生产厂家的产品质量检验报告，看其质量指标是否符合国家标准。油性拉深油质量标准示例见表 2-15。

表 2-15　油性拉深油质量标准示例

项　目	质量指标	实测数据	试验方法
外观	红棕色透明液体	—	目视
密度(15℃)/(g/cm^3)	0.880～0.920	—	GB/T 1884—2000
运动粘度(40℃)/(mm^2/s)	50.0～60.0	—	GB/T 11137—1989
水分(%)	≤0.1	—	GB/T 260—1977
闪点(开口)/℃	≥180	—	GB/T 3536—2008

在我国南方潮湿的环境下，拉深油的水分可以要求更高一点。另外，有的品种的拉深油由于添加了一些性能成分而产生刺鼻的气味，影响操作工的身体健康或工作情绪，这点在选择时也要考虑。

（2）通过实际使用来判定拉深油性能　试验条件是当拉深件的质量处于临界问题阶段，即拉深件有缩颈(暗伤)现象时，刷上待验的拉深油进行试验，若拉深件的问题没有变化，说明拉深油的性能不够好，使用好的拉深油会看到问题消失或大幅改善。

选用新牌号的拉深油，最好是选被其他同类厂验证并正在使用的。

2. 防锈油

防锈油的作用是喷在冲压零件或金属材料上，防止其锈蚀。

防锈油的性能指标项(见表2-16)与拉深油的一样，采用的标准也一样，但指标值不同。

表2-16　防锈油的性能指标示例

项　　目	质量指标	试验方法	项　　目	质量指标	试验方法
外观	红棕色透明液体	目测	闪点（开口）/℃	≥170	GB/T3536—2008
密度(15/4℃)/(g/cm^2)	0.89±0.02	GB/T1884—2000			
运动粘度(40℃)/(mm^2/s)	35.0±5.0	GB/T11137—1989	水分(%)	≤0.1	GB/T260—1977

各种防锈油的防锈期不同，可根据成品、半成品的周转周期及所在地的潮湿情况来选定防锈期品种。防锈油的检验，尤其是新型号的防锈油，建议对需要后序喷漆的零件或产品最好是作试验。试验方法一种是作盐雾试验，另一种是自作试验。

自作试验的方法是：剪几十片冲压材料小试片，并分为两组。一组每片做上标记，一部分涂上试验油，另一部分涂上原用油，分别放在室外南北不同的地方风吹日晒，三天或一周，甚至半个月后，通过观察其锈蚀的情况来判断防锈油的优劣；另一组将三五片涂上防锈油，放几天后随正品一起进行喷漆前的清洗工序，看防锈油是否好清洗。

3. 凡士林

凡士林呈软固体状，主要是用作模具的导柱、导套、导板、斜楔的润滑和模具整体型腔的防锈。由于凡士林易沾染杂质，且难以擦净，常用模具一般不用或在防锈油中掺一点凡士林来用。

4. 煤油

煤油不作常规使用，主要是用来擦洗油污锈蚀(出现这类情况一般是由于模具长时间未用或从外面新运来的模具)的模具。

当材料清洗机的清洗滚上粘了过多的杂质时，浇上一些煤油，转动滚子，杂质就可以基本清除了。但要注意防止煤油喷溅，并要注意及时清理清洗机的过滤器。

5. 小模具的顶料厚橡胶块

对没有装气垫的小型开式压力机，拉深要靠装在下模板的橡胶块叠放起来压料。

顶料厚橡胶有一套直径不同，厚度近似的标准系列。

顶料橡胶的直径确定是根据模具的顶料范围和所用台孔的直径大小。

顶料橡胶装几块和装多高，一是根据拉深或顶料的深度来决定(橡胶的高度是其工作深度的3.3倍以上)，二是根据冲压件所需拉深力来决定。

同样规格的橡胶块还有弹力大小之分，具体体现在橡胶的软硬上。选择什么硬度的橡胶可通过计算及试用来决定。

6. 金属除锈剂

冲压材料或零件等金属经常会遇到生锈的情况。如果面积小、锈迹浅可以用砂纸打磨，再配合煤油擦洗。如果锈蚀严重，可能就要用到金属除锈剂。

注意：除完锈后要涂防锈油，因为除过锈的材料或零件更易生锈。

7. 擦布、擦纸

擦布/擦纸用于清洁模具、冲压材料及零件、设备的脏污。擦布最好用吸油的棉布。擦纸是一种专门用于擦拭油污的薄纸，可以几张叠用，使用效果很好，但价格较擦布贵。可以

用来清洁拉深模等重要的部位。

8. 油刷、油滚

1）油刷的作用是用拉深油为小模具润滑。

2）油滚的作用是用拉深油为中大型模具润滑。可以根据需要在油滚把手上安装加长杆。

9. 记号笔

记号笔用于在模具和不良冲压件上做标记。记号笔分油性和普通型两种。除此之外，还有一种油漆笔，主要用来在模具上写模具号。油性笔、油漆笔做的标记不易擦掉。

10. 橡胶垫

有的工作台板材料较软，把橡胶垫放在工作台角上，装模用具可暂时放在其上，避免损伤工作台台面。

11. 枕木

枕木用得很广，毛坯料、小模具等常常需要枕木来垫底，以便叉车叉运。

12. 铅丝

铅丝一般在模具调试时使用。冲压件局部起皱，如果是拉深筋的阻力小了，可以用一根或数根铅丝放在拉深筋上，再试压零件。

这种方法简便易行，避免了反复修模具造成的损失。当然如果有模具的数模，进行CAE 分析更科学。

13. U 形夹铁胶条、泡棉

主要用于工位器具上件与件的隔离，如图 2-66所示。使用量可根据需要来定。U 形夹铁胶条只要能卡在零件上即可，形状不必苛求。泡棉即为海绵类软弹性物品。

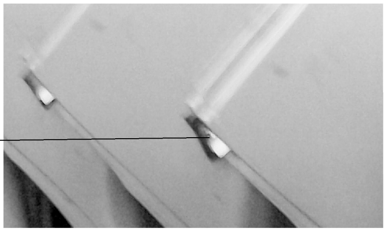


图 2-66　用来隔离的胶条

14. 模具清洗液

模具清洗机清洗模具用的是一种有机溶剂，能够和油污融合，减小油污在模具上的附着力，便于清洗去除油污。需要注意的是，不同的模具清洗机对清洗液有不同的要求。

15. 地板清洗液

地板清洗液是专门用来清洗地板油污的一种有机溶剂。

16. 空气胶管、喷雾胶管（见图 2-67）

空气胶管、喷雾胶管是连接快换接头的胶管，接头处需用卡箍卡紧。

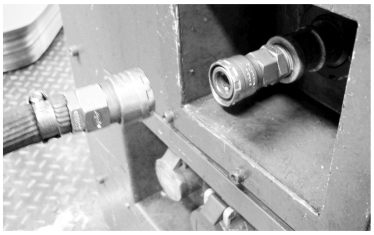
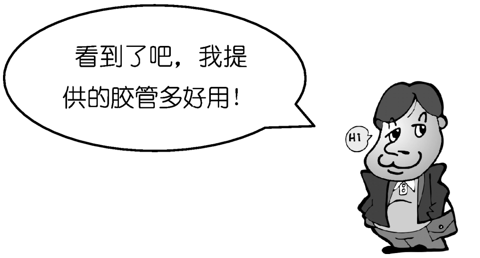


图 2-67　快换接头和胶管



17. 磨头

冲压件补焊后，需用小磨头局部修磨。磨头的材料有好几种，有一般打磨用的陶瓷磨头、金刚玉磨头，还有抛光用的砂布磨头、橡胶磨头。磨头有多种形状和规格，修零件主要用小号磨头。

磨头需安装在电磨机或手电钻上使用。

18. 角磨片（见图2-68）

角磨片安装在角磨机上，用于修理冲压件，或在补焊后打磨。

磨光、抛光用的是弹性磨盘或粘接磨片，有不同的规格型号，可以根据需要来选择。

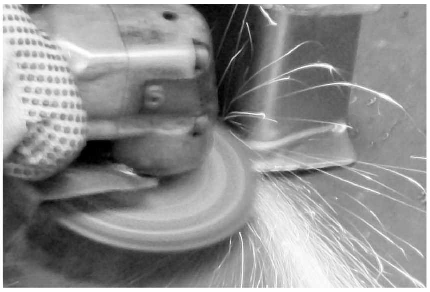


图2-68　角磨片

19. 切割片

切割片安装在角磨机上，可切割薄板零件，常用于冲压件局部或部分割断。

20. 砂纸、砂布、油石、砂纸盘

砂纸、砂布和油石有粗细之分，标号越大，磨料越细。

砂布、砂纸用于冲压件除锈。水砂纸较常用。

油石的作用，一是对造成冲压件拉毛的模具进行抛光处理，二是用于冲压件进行表面光顺度检验。检验用的油石，长度尺寸为100～200mm，标号要选最大的，也就是要选最细的，以免把冲压件划伤。

砂纸盘的用途，是将粘贴式抛光片装在角磨机上，给表面有问题的零件抛光。180#砂纸盘用的较多。

21. 钢刷（见图2-69）

1）用于零件、材料除锈，对表面质量要求较高的材料和零件不宜使用。钢刷也是安装在角磨机上。

2）由于钢板侧面经常会沾染杂质，为防止带入模内，需用钢刷清理侧面（见图2-70）。

图2-69　钢刷

图2-70　刷钢板侧面杂质的钢刷

生产中还会因各生产厂不同，需要其他一些辅料，这里不再赘述。总之就是要对所有的辅料做到规范、定额管理。

思　　考

1. 看看你们厂拉深油、防锈油的消耗定额如何确定，误差如何修正。
2. 考虑一下月用量不定的辅料如何进行定额化(量化)管理。
3. 把你发现的辅具列一清单。

2.10　冲压用托杆有什么要求

托杆(见图 2-71)，也叫顶杆，是在单动压力机上使用的拉深、成形类模具的必要装备。

图 2-71　单动拉深模下模

2.10.1　托杆的分类和用途

1. 托杆的种类

1) 大中型模具用直托杆。
2) 大中型模具用带头托杆(见图 2-72 和图 2-73)。
3) 小模具用小顶杆。

图 2-72　小头托杆

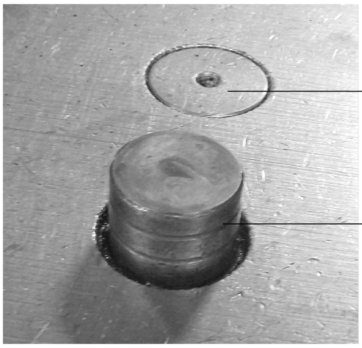
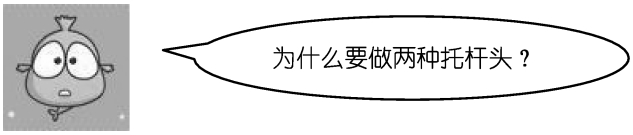


图 2-73　装在工作台上的带头托杆



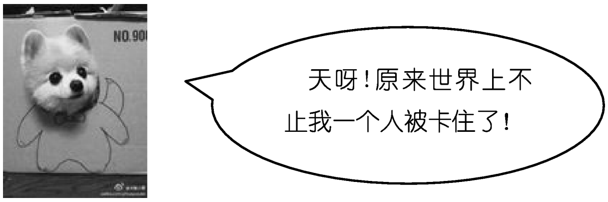
2. 托杆的用途

1）直托杆适用于工作台内有气垫托板的设备及模具的托杆孔较小的情况。

2）带头托杆主要用于工作台内无气垫托板的设备，即托杆是靠直接与底座内的气垫相连接的气垫托板顶起。若是直头托杆，当气垫落下时，其下端直接穿过工作台，会使工作台无法移动。因此这类结构的设备必须使用带头托杆，以保证气垫落下时，托杆能卡在工作台板上的托杆凹孔里不掉下。

3）大头托杆的使用范围。一些旧设备没有工作台的模垫提升装置，即工作台开出后，没有托杆能够顶升工作台面的装置，因此托杆置放时，一旦托杆装错孔位，与单动模具相应的托杆孔发生干涉不能及时发现，就容易出现模具压坏的事故。如果采用略高于工作台面又低于下模板的大头托杆，装模时，若模具托杆孔与托杆未对正，模具就会被大头托杆顶歪，就可以及时发现装模的问题。

使用大头托杆时需注意，大头托杆头部的高度要小于下模板的厚度，以免与压边圈发生干涉。大头的直径要保证托杆能稳定、安全地卡在设备托杆孔的台阶上，并且大头的直径还要小于托杆孔直径最少5mm（当模具的托杆孔中心与设备托杆孔同心时），以免托杆头与模具托杆孔发生干涉。另外，大头托杆头部要做几个防滑槽，便于手工操作。



4）小模具用的顶杆有活动式的（用时装上），也有用螺纹拧在模具的活动块下端的。

2.10.2 托杆长度的确定（见图2-74）

托杆长度要在气垫行至上死点的位置时确定。

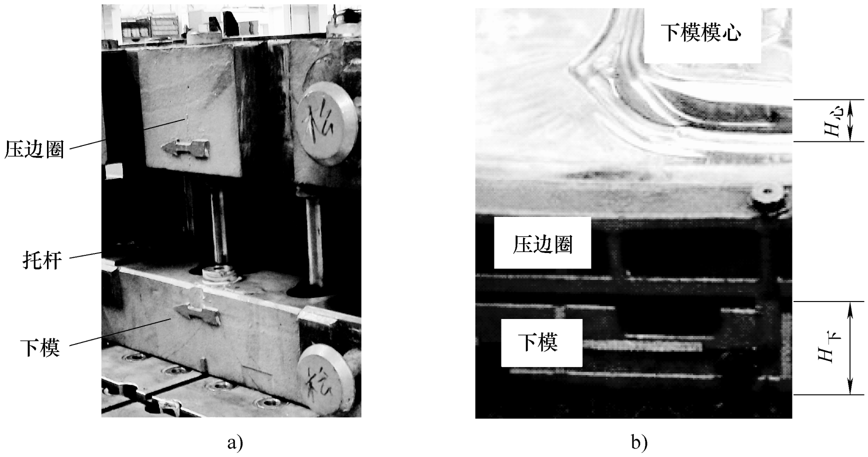


图2-74 托杆长度确定示意图

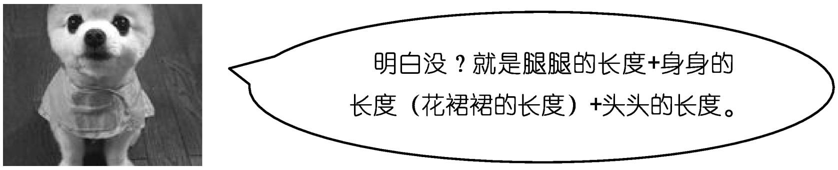
a）托杆升起状态 b）托杆降下状态

1. 气垫行程不可调时托杆总长度的确定

托杆总长度 = 气垫托板上平面在行程上死点到工作台上平面的长度 + 托杆升起高度

托杆升起高度 = 下模座厚度 $H_{下}$ + 压边圈上平面到模心最高上平面的距离 $H_{心}$

即托杆升起后，压边圈上平面要与下模心上平面平齐或略高，以方便材料定位及使压边圈压料充分。

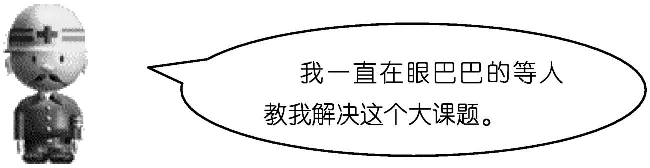


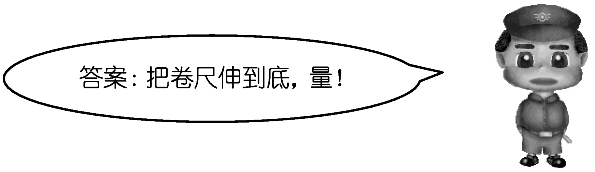
2. 气垫行程可调时托杆总长度的确定

要按气垫行程调至最低时的位置计算。

如果设备参数规定气垫(或液压垫)的托杆行程调节量为 250mm，即托杆要能够满足气垫行程最大时升高工作台面 250mm，气垫行程最小时与工作台平齐或低于工作台上平面，托杆总长度就要按最低的气垫行程位置计算，以使托杆顶端不超过工作台上平面。

3. 气垫托板上平面在行程上死点到工作台上平面的长度测定方法





4. 小模具顶杆高度的确定

顶杆高度 = 下模板厚度 + 模心高出压边圈的最大高度

2.10.3　设备气垫行程不能满足使用要求时托杆长度的确定

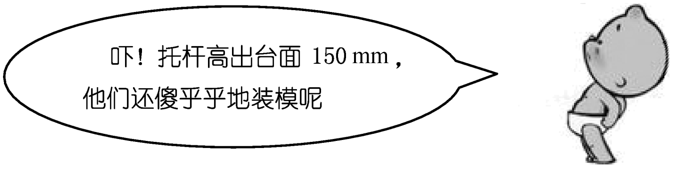
如果模具需要托杆升高 320mm，而气垫最大行程只有 250mm 时，在一定条件下可以通过制作特殊长度托杆来解决。

1）在移动工作台内有气垫托板。

2）模具的下模板，若图 2-74 中的 $H_{下}$ 高度大于：

$$320\text{mm} - 250\text{mm} + 10\text{mm}(\text{安全余量}) = 80\text{mm}$$

此时，托杆可以做成加长托杆，即在气垫托板落下后，托杆高度伸出台面一部分，以不超过模具的 $H_{下}$ 为限。这样，当模具以自然状态放落在工作台上时，压边圈就不会接触到托杆上端。



2.10.4　模具托杆孔又小又偏且难以改造时托杆长度的确定

将托杆端部的直径减小(见图 2-75)，以便托杆头部能够伸进托杆孔。细头部分要根据模具的行程来定，注意不要与模具发生干涉。

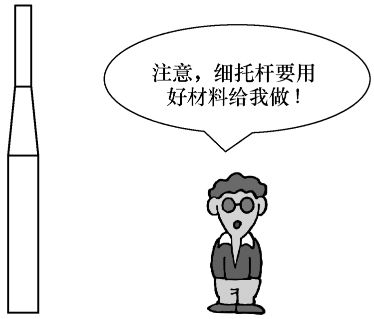


图 2-75　细头托杆

2.10.5　大中型模具用托杆的设计要求

1. 托杆直径

1）中大型模具用的设备托杆孔直径一般为 φ40mm，上台阶孔直径为 φ50mm。托杆直径一般按 φ38.5mm 制作。

2）大型模具用的设备托杆孔直径一般为 φ45～φ50mm；台阶孔直径大于托杆孔直径 10mm，深度 10～15mm，设计托杆的直径一般要小于设备托杆直径 1.5mm。

2. 材料及其硬度要求

1）受力较小的中型模具用托杆材料可用 45 钢，热处理硬度为 HRC40～45。

2）受力较大的大型模具用托杆材料要用 40Cr 或 Cr12MoV，热处理硬度为 58～62HRC。

托杆的许用载荷(见表 2-17)计算公式为

$$P = \pi d^2 q$$

式中　P——托杆的许用载荷(N)；

d——托杆的直径(mm)；

q——单位面积上的许用载荷(N/mm^2)。

表 2-17　托杆的许用载荷　　(单位:N)

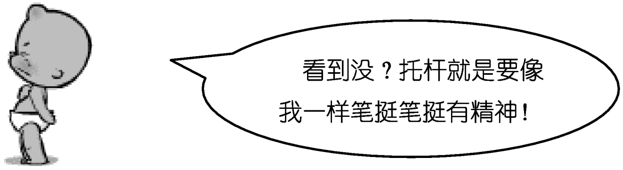
托杆直径 d/mm	45 钢(40～45HRC) q=250N/mm^2	Cr12MoV(58～62HRC) q=400N/mm^2	托杆直径 d/mm	45 钢(40～45HRC) q=250N/mm^2	Cr12MoV(58～62HRC) q=400N/mm^2
…	…	…	30	176625	282600
10	19625	31400	35	240406	384650
12	28260	45216	40	314000	502400
16	50240	80384	45	397406	635850
20	78500	125600	50	490625	785000

3. 精度要求

托杆的长度精度可以要求较低，但同种托杆的长度要一致，即托杆与托杆的长度误差要尽可能的小，以免在拉深时，各托杆顶起点的松紧程度不同，造成压边力的大小不均，影响拉深件的质量。托杆的制作要求是：

1）两端面配磨，同一种托杆的高度误差为 ±0.01mm。

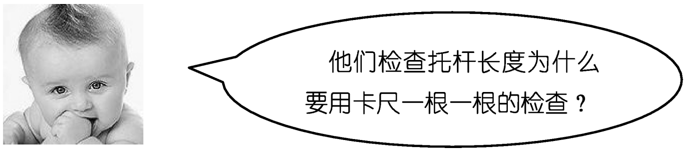
2）托杆的不直度要求为小于 0.01mm/600mm。

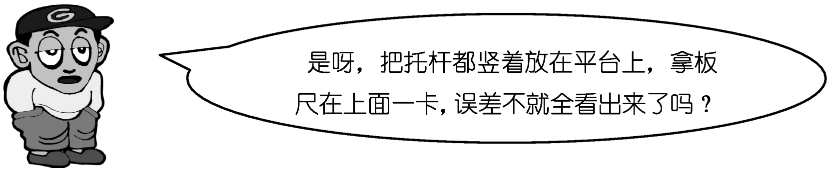


2.10.6　托杆的精度检测

1. 托杆的长度检测

对托杆的精度要求不是长度必须达到多少，而是同类托杆的长度误差要小。





托杆使用一段时间后会因受力不同而出现高度误差，因此要以最短的托杆长度为标准，将全部同规格的托杆拿到磨床上去“齐头”。

2. 托杆的弯曲度检测

将托杆在检测平台上滚动一周，用塞尺检查托杆与平台间的最大间隙值。

思　　考

1. 直头托杆用在什么样的设备上？
2. 托杆长度是由哪几部分决定？
3. 托杆的精度要求有哪几方面？
4. 检查托杆精度有哪几种方便的方法？

第 3 章　机械压力机

3.1　常用机械压力机如何分类

机械压力机的类型很多，冲压比较常用的通用压力机主要有以下几种类型。

1）按机身的形式划分为两种：开式压力机和闭式压力机。

开式压力机是机身三面敞开的压力机。开式压力机可分为开式可倾压力机（见图 3-1）和开式固定台压力机（见图 3-2）等。开式压力机操作方便，但刚性较差。

为了克服开式压力机刚性较差和动态精度较低的问题，一些压力机将两侧的机架延伸到工作台前侧，这类设备称为半闭式压力机（见图 3-3）。

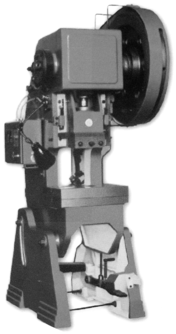


图 3-1　开式可倾压力机

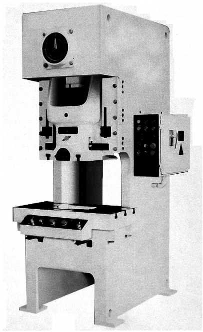


图 3-2　开式固定台压力机

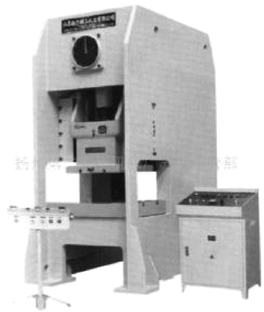


图 3-3　半闭式压力机

闭式压力机的机身只在前后敞开，刚性好，但工作台小的闭式压力机操作性略差。

2）按滑块曲柄连杆机构的组数（或按连杆与滑块连接的“点”数），可分为单点压力机（见图 3-4），双点压力机（见图 3-5 和图 3-6）和四点压力机（见图 3-7）。

单点压力机和双点压力机有开式和闭式两种类型，四点压力机主要是工作台面较大的压力机上，以保证滑块受力均匀、精度好。

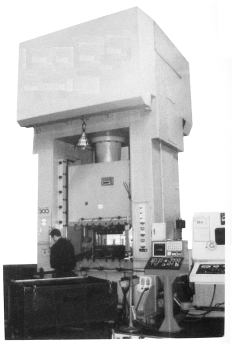


图 3-4　闭式单点压力机

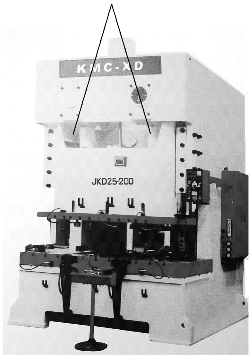


图 3-5　开式双点压力机

图 3-6　双点压力机实例

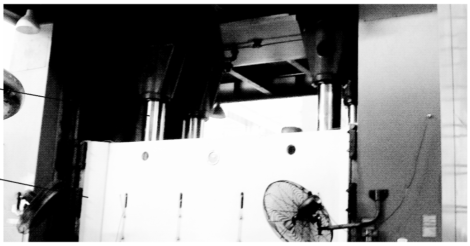


图 3-7　四点压力机实例

3）按传动系统采用结构可分为曲柄连杆机构压力机(见图 3-8)和多连杆压力机(见图 3-9)。

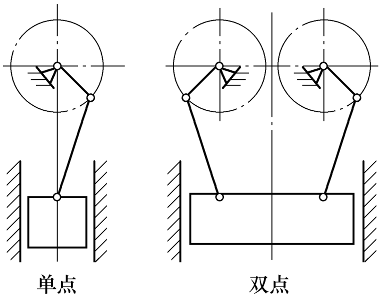


图 3-8　曲柄连杆压力机动作示意图

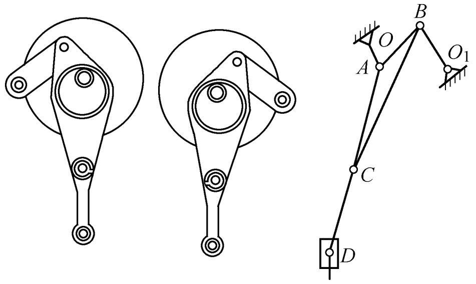


图 3-9　六连杆(多连杆)变速传动机构示例

O、O_1——支点　A、B、C、D——铰接点

曲柄连杆机构压力机的速度特性为正弦曲线，工作行程(拉伸行程)的速度不够均匀，与模具接触的冲击力较大。采用多连杆机构的压力机不但可以使滑块的工作行程能保持一个较低的均匀速度，而且使滑块在空行程中能加快速度，从而缩短了滑块的行程循环时间，提高了压力机的行程次数。

多连杆机构代替一般曲柄连杆结构已成为机械压力机结构发展的重要方向。

4）按滑块数量可分为单动压力机、双动压力机和三动压力机(见图 3-10)。如果压力机是单滑块，下面带液压垫，仍然属于单动压力机。

双动压力机及双动压力机用模具如图 3-11 和图 3-12 所示。

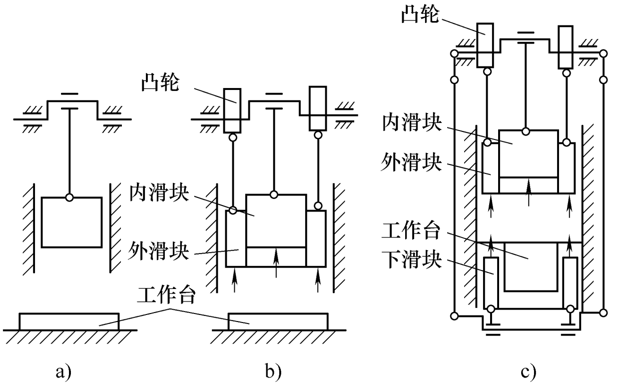


图 3-10　压力机示意图

a）单动压力机　b）双动压力机　c）三动压力机

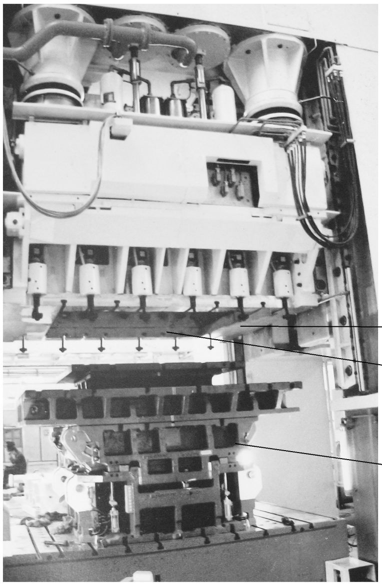
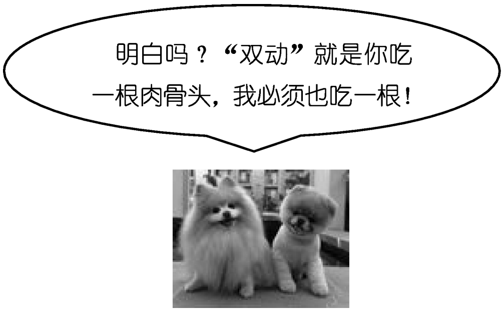


图 3-11　双动压力机的内外滑块示例



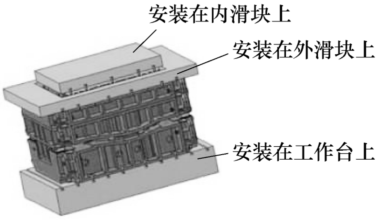


图 3-12　双动压力机用模具

5）按操作工位可分为单工位压力机（通用压力机类）和多工位压力机（见图 3-13）。

图 3-13　多工位压力机示例

6）按传动的形式可分为上传动压力机和下传动压力机。常用压力机为上传动形式。

7）按压力机的发展阶段可分为传统机械压力机和数控伺服压力机。

伺服压力机可以实现对滑块位置、速度和运行轨迹的控制，使压力机的工艺适应性大大提高，实现了压力机的柔性化和智能化，是属于新一代的压力机。

思　考

1. 按传动方式压力机分为几种？
2. 开式压力机是否比闭式压力机刚性要差？
3. 四点压力机是不是表示是多连杆压力机？
4. 单滑块带液压垫的压力机是不是双动压力机？
5. 伺服压力机和多连杆压力机各有什么特点？

3.2　机械压力机的型号

1. 锻压机械的分类和代号(见表 3-1)

表 3-1　锻压机械的分类和代号(部分)

序　号	类别名称	拼音代号	序　号	类别名称	拼音代号
1	机械压力机	J	3	剪板机	Q
2	液压机	Y			

2. 常用机械压力机的分类和代号(见表 3-2)

表 3-2　锻压机械的分类和代号(JB/T9965－1999 节选)

组	型	锻压机械名称	组	型	锻压机械名称
单柱压力机	11	单柱固定台压力机	拉深压力机	41	闭式单点单动拉深压力机
	12	单柱活动台压力机		42	闭式双点单动拉深压力机
	13	单柱柱形台压力机		43	开式双动拉深压力机
				44	底传动双动拉深压力机
				45	闭式单点双动拉深压力机
				46	闭式双点双动拉深压力机
				47	闭式四点双动拉深压力机
				48	闭式三动拉深压力机
开式压力机	21	开式固定台压力机	摩擦压力机	53	双盘摩擦压力机
	22	开式活动台压力机		55	离合器式螺旋摩擦压力机
	23	开式可倾式压力机		57	液压螺旋摩擦压力机
	25	开式双点压力机		58	电动螺旋摩擦压力机
	29	开式底传动压力机		59	气动螺旋摩擦压力机
闭式压力机	31	闭式单点压力机	板料自动化压力机	71	闭式多工位压力机
	32	闭式单点切边压力机		72	开式多工位压力机
	33	闭式侧滑块压力机		75	闭式高速精密压力机
				76	开式高速精密压力机
	36	闭式双点压力机			
	37	闭式双点切边压力机			
	39	闭式四点压力机			

3. 机械压力机型号的表示方法

机械压力机型号的表示方法如图 3-14 所示。

示例：设备 JA23-125A 表示的含义为

J——机械压力机；

A——第 A 种变形产品；

23——2 为压力机的列别，3 为压力机的组别；

125——压力机的公称压力为 1250kN；

A——压力机的设计代号。

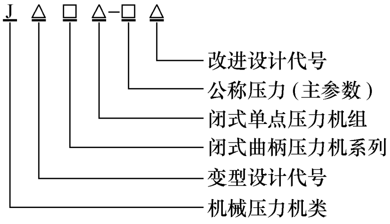


图 3-14 机械压力机型号的表示方法

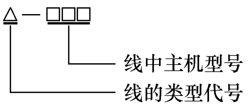
双动压力机一般是以字母“D”打头。如 D4－800－500 表示闭式四点双动拉深压力机，内滑块公称压力为 8000kN，外滑块公称压力为 5000kN，内外滑块的公称压力也可表示为 800＋500。

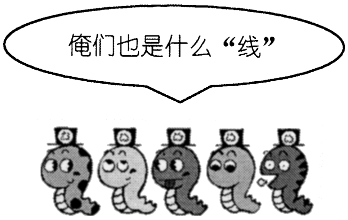
多连杆压力机一般是以字母“LS”打头。如 LS4－600 表示闭式四点单动多连杆压力机，公称压力为 6000kN。

目前压力机市场上还有一些其他的关于机械压力机的代号类型，这些代号分别是用国外压力机的原代号或新增代号来表示，如型号 E4S630 表示的是公称压力为 6300kN 的闭式四点单动压力机，S2－500 表示的是公称压力为 5000kN 的闭式双点单动压力机。

4. 锻压生产线的型号及类型

1）锻压生产线型号的表示方法。





2）锻压生产线的类型代号(见表 3-3)。

表 3-3 锻压生产线类型代号

线的名称	生产线	半自动线	自动线	柔性单元	柔性系统
线的代号	S	BS	ZS	RD	RS

5. 机械压力机的公称压力标准

我国对压力机制定了一个系列标准，按照公称压力(单位 kN)从小到大的顺序常用的有：160、250、400、630、800、1100、1250、1600、2000、2500、3150、4000、5000、6300、8000、10000、12500、16000 等。

随着国外压力机进入我国市场及用户要求的特殊化，常会有标准之外的型号出现，如某地生产的公称压力为 2600kN 的压力机就不在我国的标准范围内。

思　　考

1. 设备型号 **J36－800**B、**J39－800**、JH**21－125**、**J25－250** 表示的是什么设备类型？

2. LS 打头的设备型号代表什么类型的压力机？

3.3　曲柄压力机的工作原理是什么

曲柄压力机的结构如图 3-15 所示。

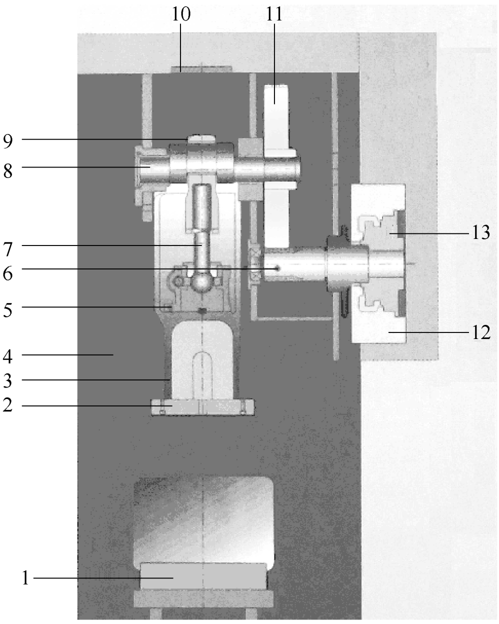


图 3-15　曲柄压力机结构示意图

1—工作台板　2—滑块连接板　3—滑块　4—机身　5—蜗轮箱
6—传动箱　7—螺母　8—曲轴　9—连杆　10—平衡器
11—齿轮　12—飞轮　13—湿式离合器

3.3.1　曲柄压力机的工作原理(见图 3-16)

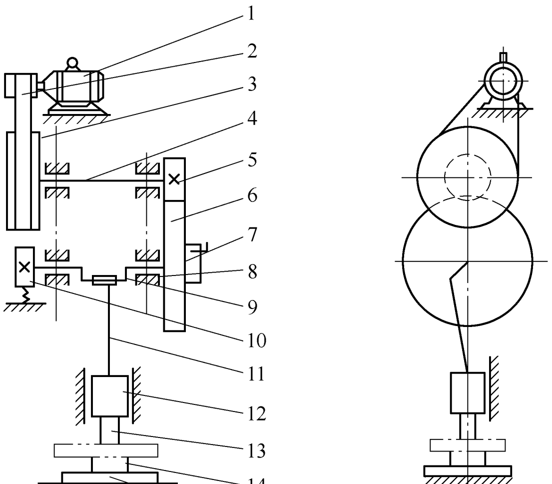


图 3-16　曲柄压力机的工作原理

1—电动机　2—小带轮　3—大带轮　4—中间转动轴　5—小齿轮　6—大齿轮　7—离合器
8—机身　9—曲轴　10—制动器　11—连杆　12—滑块　13—上模　14—下模　15—垫板　16—工作台

曲柄连杆机构：将回转运动转变为滑块直线往复运动的机构，一般采用曲轴、偏心轴、偏心齿轮等传动器件来实现。

图 3-16 中的电动机的能量和运动通过皮带传递给中间传动轴，再由齿轮传递给曲轴。连杆的上端套在曲轴上，下端与滑块铰接，曲轴的旋转运动通过连杆转变为滑块的往复直线运动。

压力机的运转和停止可以通过离合器和制动器来完成。

图 3-17 所示是某闭式压力机的主传动系统。电动机通过传动轴和小齿轮带动中间齿轮、大齿轮及与大齿轮同轴的曲轴转动，曲轴带动其上的连杆机构进行直线往复运动。图 3-18 所示是不同压力机的齿轮特点，图 3-19 所示是双动多连杆压力机的偏心齿轮传动示意图，图 3-20所示是偏心齿轮机构在安装过程中的实物图。

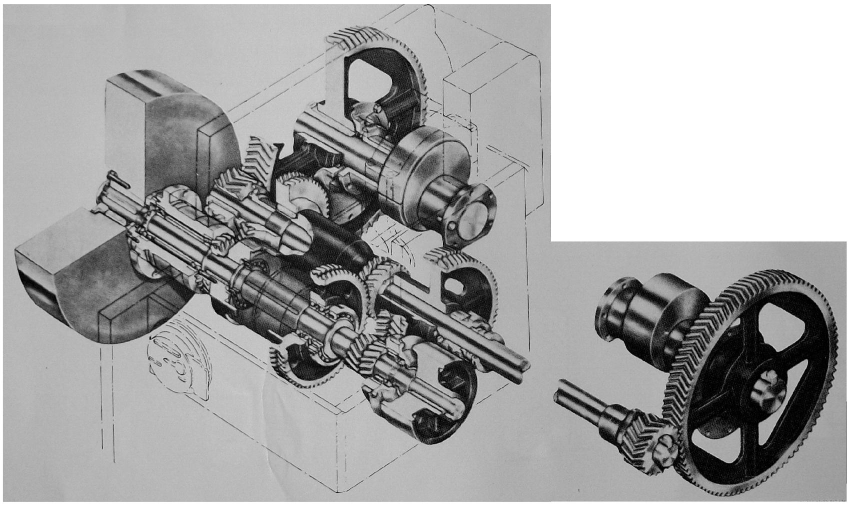
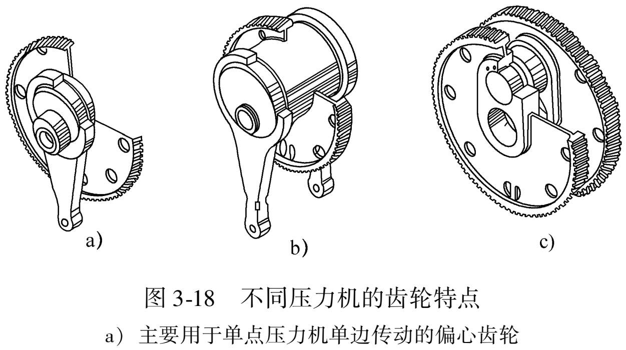


图 3-17　压力机主传动系统



a)

b)

c)

图 3-18　不同压力机的齿轮特点

a）主要用于单点压力机单边传动的偏心齿轮

b）主要用于双点和四点压力机单边传动的双偏心齿轮

c）主要用于长行程大偏心距压力机双边传动的偏心齿轮

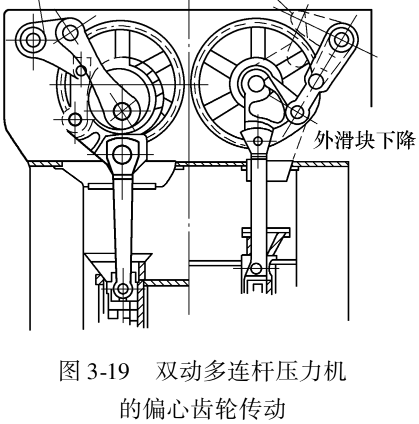


图 3-19　双动多连杆压力机的偏心齿轮传动

3.3.2 几种偏心机构的比较

1. 偏心轴、曲轴和偏心齿轮的强度

同样的材料和尺寸，偏心轴的强度比曲轴高30%，这是因为偏心轴的支撑部分与偏心轴部分成一条直线，因而不像曲轴在曲轴颊板处存在弯矩。

曲轴式偏心机构由于强度较弱，一般用在开式小型压力机上。

偏心齿轮是将偏心和齿轮零件合并为一个零件，力矩的传递是从齿轮直接传给偏心，没有从轴传递的扭矩载荷，因而可以传递大力矩而不受轴扭矩能力的限制，因此刚性好，承力大。

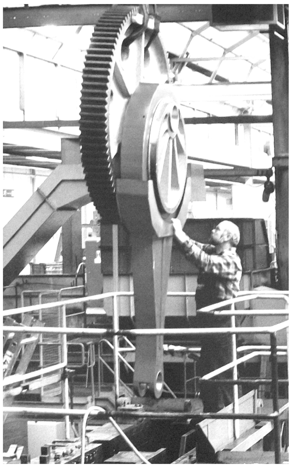


图3-20 偏心齿轮机构在安装中

2. 偏心轴、曲轴和偏心齿轮的行程适用范围

偏心轴因偏心尺寸的限制，只适合在行程较短的小型压力机中使用。

曲轴可以应用在行程中等的压力机中。

偏心齿轮适用于行程较大的中大型压力机。

思　　考

1. 什么是曲柄连杆机构？
2. 由转动到直线运动有几种实现方式？
3. 哪种偏心机构适于行程较长的压力机？
4. 哪种偏心机构承受负荷较小？

3.4 曲柄压力机由哪些机构组成

1. 开式压力机的基本结构（见图3-21）

2. 闭式压力机的基本结构（见图3-22）

（1）工作机构　一般由曲轴（偏心零部件）、连杆、滑块、导轨等零件组成。

其作用是：

1）将传动系统的旋转运动变成滑块的往复直线运动。

2）承受和传递工作压力。

3）在滑块上安装模具。

大型闭式四点压力机结构如图3-23所示。

（2）传动系统　包括带传动和齿轮传动等机构，作用是将电动机的能量和运动传递给工作机构并对电动机的转速进行减速，使滑块获得所需的行程次数。

（3）操纵系统　包括离合器、制动器及其控制装置（见图3-24），用来控制压力机的安全，并使压力机准确地运转。

1）离合器和制动器需协调动作。当需要滑块运动时，离合器接合，制动器脱开；当需

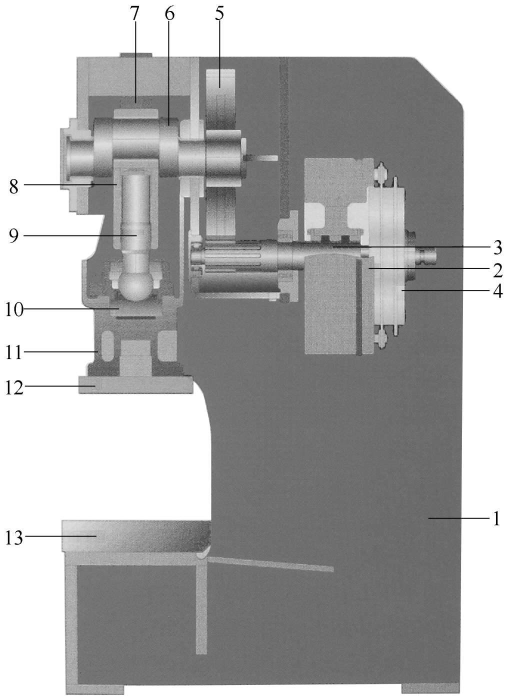


图 3-21　开式压力机结构

1—设备机身　2—飞轮　3—转动轴　4—离合器　5—主齿轮　6—曲轴　7—平衡轴
8—连杆　9—螺母　10—过载保护装置　11—滑块　12—滑块连接板　13—工作台

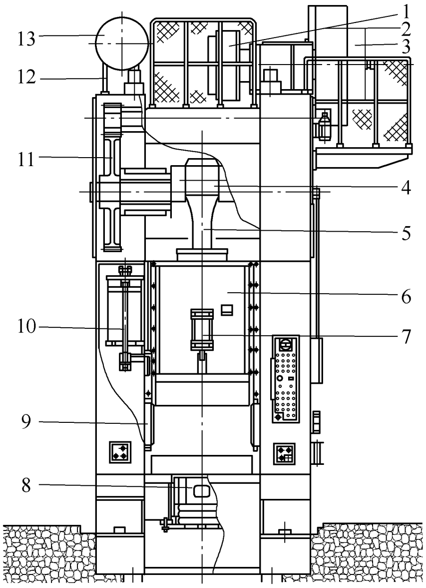


图 3-22　小型闭式压力机结构

1—制动器　2—飞轮　3—离合器　4—曲轴　5—连杆　6—滑块
7—上打料装置　8—气垫　9—光电保护装置　10—滑块及模具的平衡器
11—大齿轮　12—锁紧装置　13—储气罐

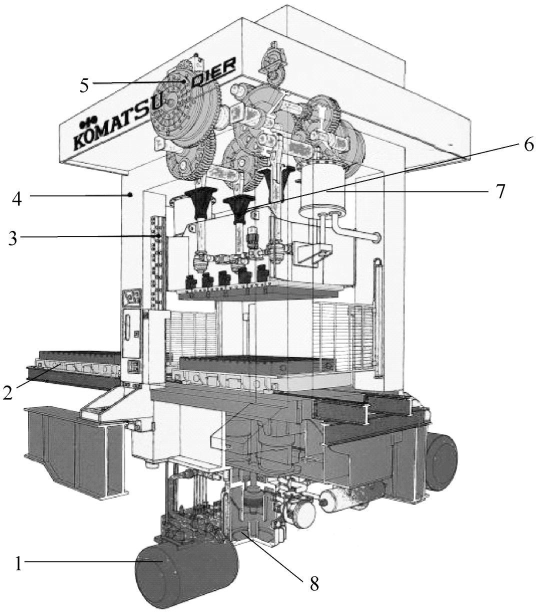


图 3-23　大型闭式四点压力机结构

1—储气罐　2—移动式工作台　3—铜镍合金导轨　4—焊接式组合机身
5—离合器和制动器　6—柱塞导向装置　7—平衡器　8—气垫行程调整装置

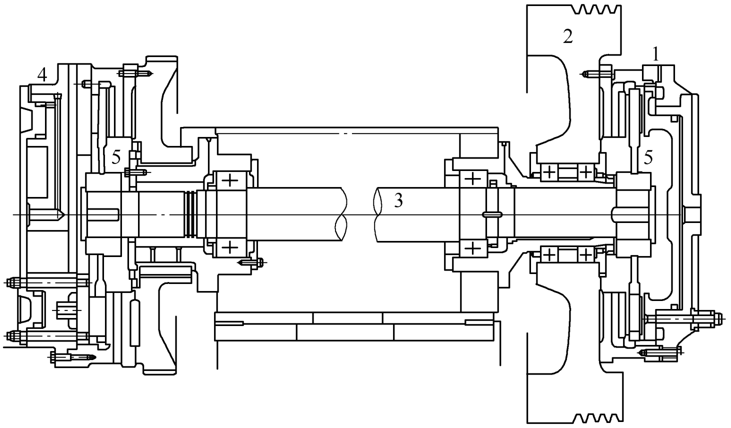


图 3-24　压力机的离合器和制动器

1—离合器　2—飞轮　3—传动轴　4—制动器　5—内径板

要滑块停止时，离合器脱开，制动器接合。

2）离合器-制动器的分类如图 3-25 所示。

图 3-25　离合器-制动器的分类

① 刚性离合器-带式制动器：通过刚性器件“工作键”对曲轴的旋转运动作卡住和脱开动作，使离合器在带式制动器与曲轴相连的制动轮“制动”和“放行”的配合下，完成对滑块运动或停止的控制。

这种装置主要用在小型压力机上。

② 干式离合器-制动器：离合器和制动器的摩擦面暴露在空气中。特点是转速过高时摩擦片易发热，噪声大。

③ 湿式离合器-制动器：离合器和制动器的摩擦面浸在油中。特点是高转速，大转矩，有较高的行程次数，使用寿命长。

（4）能源系统　如电动机和飞轮。飞轮将电动机空程运转的能量吸收积蓄起来，在压力机工作时释放。

（5）电气控制系统(见图 3-26)　通过计算机对传感器发出的数据信号进行处理，并向执行器件发出指令，实现许多继电器控制系统不易实现或不能实现的功能，甚至实现联机、联线、联网的柔性加工。

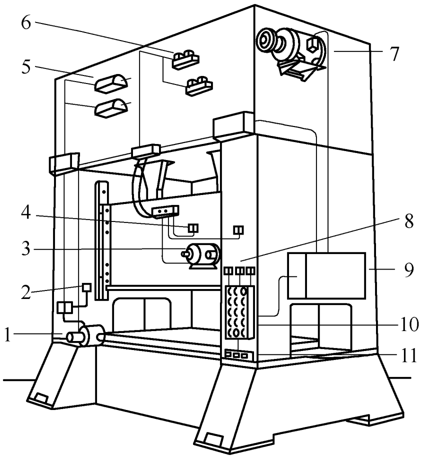


图 3-26　电气控制系统
1—润滑电动机　2—润滑压力开关　3—滑块调节电动机　4—滑块最大调节行程限位开关　5—两个分开驱动的旋转凸轮限位开关　6—离合器和制动器阀及压力开关　7—主传动电动机　8—空气压力开关　9—电动机和主电柜　10—主按钮站　11—操纵站

（6）机身　机身是压力机的骨架，要承受压力机工作时的全部变形力。压力机的所有零部件靠机身连接起来，成为一个整体。机身要保证压力机所要求的精度、强度和刚度。机身上有工作台，用于安装模具的下模。机身上还安装有滑块的导向装置，且导向装置有两面到八面导向。滑块的六面导向装置如图 3-27 所示。

导向装置是滑块与工作台平行度、垂直度的精度保证之一。

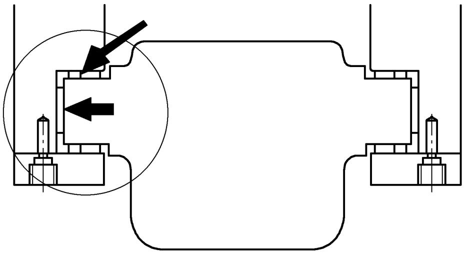


图 3-27　滑块的六面导向装置

（7）辅助装置　为了使压力机正常运转、提高生产率、扩大工艺范围，以及确保压力机的安全，改善工作环境，降低工人的劳动强度等，在压力机中常附有各种辅助设备。

1）拉深垫(气垫、液压垫)：用于模具拉深成形压料或顶料，装在工作台下。中大型压力机的拉深垫是装在压力机的底座里。小型压力机用气垫如图 3-28 所示，中大型压力机用可调行程的气垫如图 3-29 所示。

2）过载保护装置：当压力机的工作负荷超过许用负荷时称为过载。过载会导致压力机的连杆螺纹破坏、螺杆弯曲、曲轴弯曲或扭曲或断裂、机身变形或开裂等。为了防止过载，压力机采用液压保护装置来防止超载。小型旧式压力机多采用 HT200 材料制造的“压塌块”式保护装置。

液压过载保护装置如图 3-30 所示。

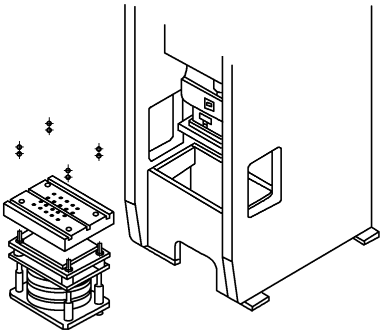


图 3-28　小型压力机用气垫

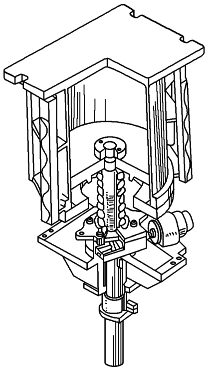


图 3-29　中大型压力机用可调行程的气垫(带气动缓冲装置)

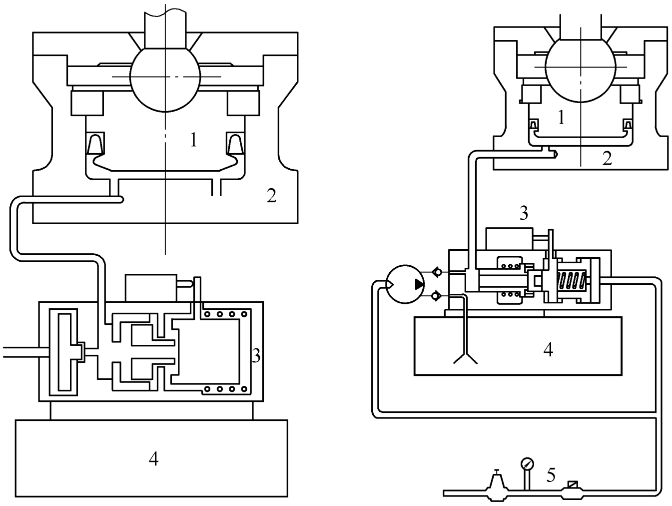
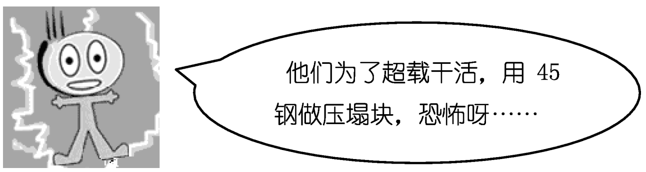


图 3-30　液压过载保护装置

1—液压缸活塞　2—液压缓冲缸　3—过载保护装置　4—油箱　5—空气压力调整总成



3）两点式压力机的偏心过载平衡装置：为了使滑块与工作台在承受一定的偏心载荷时能够保证滑块与工作台的平行度，压力机采用图 3-31 所示的偏心过载平衡装置。

4）推料装置(打料装置)：一些模具结构上模的工件或废料需要有动力来推出模具，压力机在滑块部件上设置推料装置，可以完成这一工作。当模具完成冲压工作，滑块上升时，打料螺栓顶着打杆，使其推动模具上的打料杆相对于安装在滑块上的上模下行，将工件或废料打下。

图 3-32 所示为需要打料的模具，图 3-33 所示为设备的打料装置。

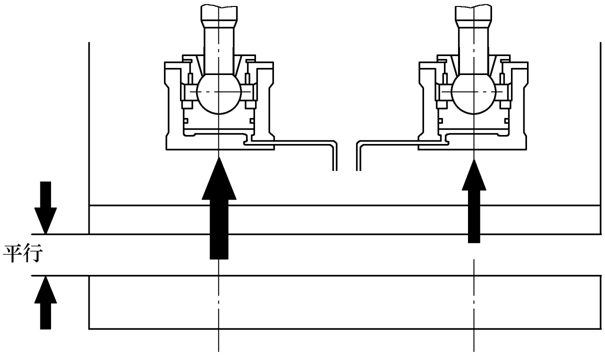


图 3-31　双点开式压力机的偏心过载平衡装置

图 3-32　需要打料的模具

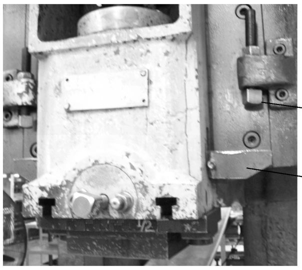


图 3-33　设备的打料装置

5）机身拉紧螺栓装置：压力机的横梁、立柱和底座通过拉紧螺栓联接成一体。螺栓预紧伸长采用三种方法：第一种是电加热伸长法，第二种是液压和机械拔长器将拉紧螺栓拔长法，第三种是液压拉紧螺母伸长法，如图 3-34 所示。

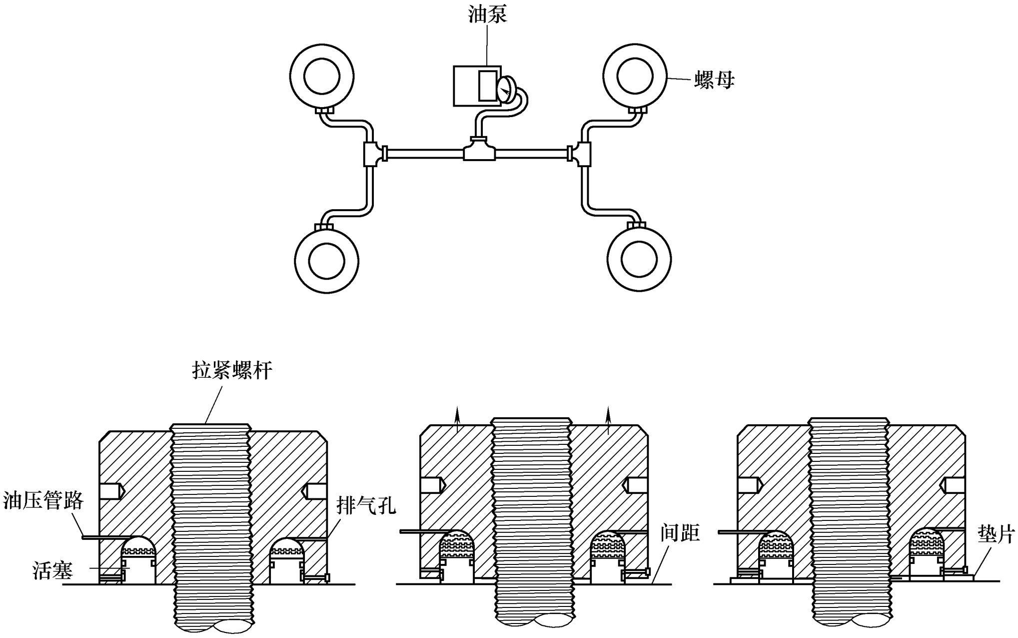


图 3-34　液压拉紧螺母伸长法

思　　考

1. 曲柄压力机由哪几部分组成？
2. 什么是湿式离合器-制动器？有什么特点？
3. 气垫是属于设备的什么部分？
4. 压力机的平衡装置有什么作用？
5. 压力机机身是怎样连接起来的？

3.5　曲柄压力机的冲压特性是什么

3.5.1　开式压力机的行程位置与公称压力的关系

由图3-35～图3-37可见，滑块的公称压力是在接近下死点时产生，距下死点越远，即行程越大，压力机的冲压能力越小，当滑块的曲柄转到一定的角度，压力机的冲压能力几乎不变。因此在使用开式压力机时，要注意压力机的冲压力与需要的冲压力的行程范围。

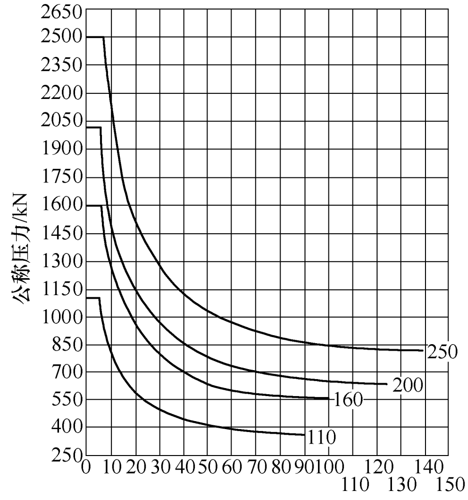


图3-35　开式压力机成形能力示意图

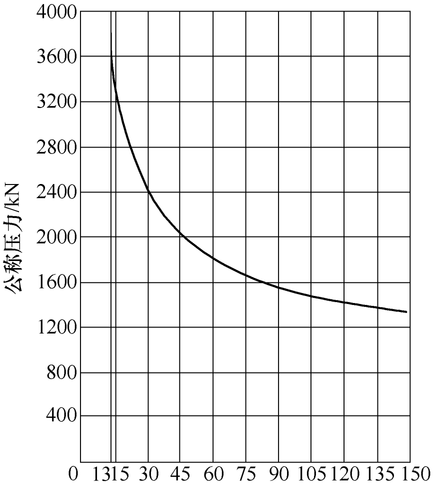


图3-36　闭式两点压力机微调预压力曲线

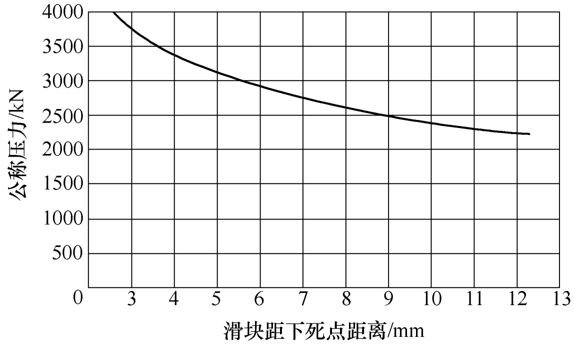
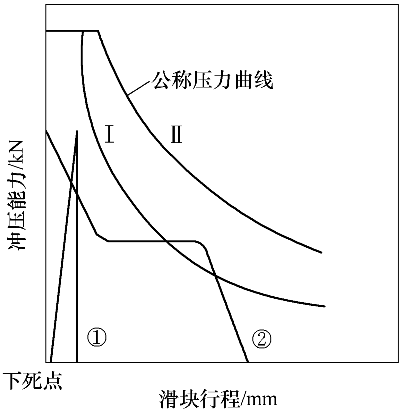


图3-37　闭式双点压力机行程压力曲线示意图

图 3-38 所示为滑块在下死点以上位置允许负荷值示意图。



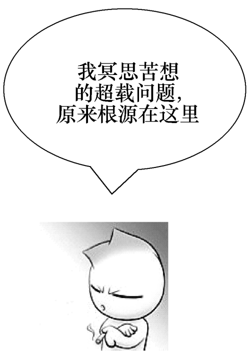


图 3-38　滑块在下死点以上位置允许负荷值示意图

①—薄板冲裁　②—弯曲加工

Ⅰ和Ⅱ—分别为不同转矩能力的压力机

图中曲线Ⅰ所示转矩能力的压力机，用来进行①类的薄料冲压可以满足压力机能力要求，但如果进行②类的弯曲加工，虽然在整个加工过程中没有超出压力机公称压力限值，但局部区域超出了压力机的转矩能量，同样会对压力机造成损害。因此需选择转矩能力为Ⅱ的压力机。

对于具有变速性能的压力机，由于压力机的能量是随行程次数的变化而变化的，故其输出功率的变化是很大的，要特别注意。

3.5.2　压力机的行程功

对工作行程较大的拉深类冲压，需要满足压力机行程功的要求。图 3-39 所示为压力机行程功与行程次数的关系。

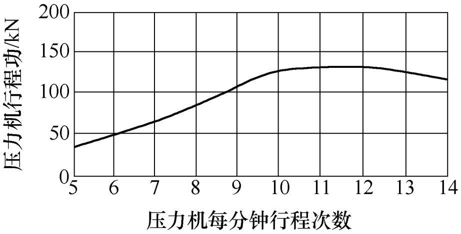


图 3-39　压力机行程功与行程次数的关系

3.5.3　曲柄滑块机构的运动特性

图 3-40 所示为曲柄滑块机构运动分析图，图 3-41 所示为某 3150kN 压力机滑块位移、速度及加速度曲线，图 3-42 所示为某闭式双点 4000kN 压力机的滑块行程、速度、加速度曲线。

3.5.4　压力机对偏心负荷的承受能力

偏心载荷是指负荷的合力作用线与压力机中心不一致的载荷。

压力机应避免大负荷作用于小面积的集中载荷或负荷合力偏离中心的偏心载荷，否则会造成压力机不能正常使用甚至损坏。

压力机对偏心负荷的承受能力随着压力机线刚度的减弱而减弱，图 3-43 分别是压力机满足 1/4000、1/6000、1/8000 线刚度的偏载曲线。由图可见，在承受同样的偏载负荷时，线刚度为 1/4000 的压力机偏心允许值可以较 1/6000 和 1/8000 线刚度的压力机要大。

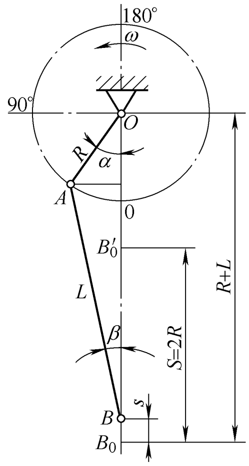


图 3-40　曲柄滑块机构运动分析图

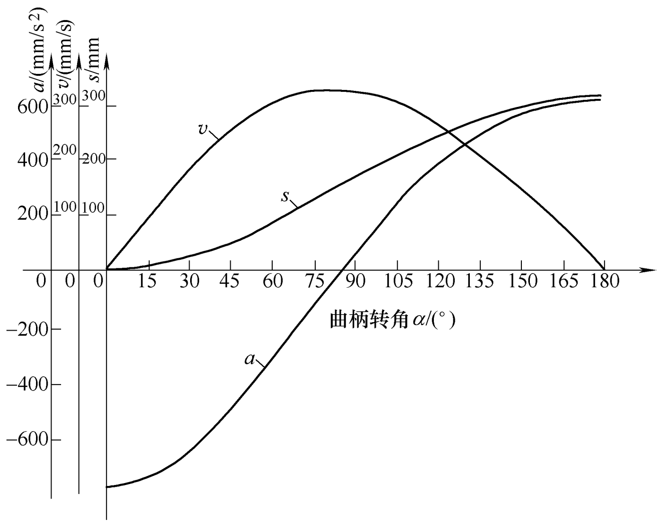


图 3-41　某 3150kN 压力机滑块位移、速度及加速度曲线
a—滑块加速度　s—滑块位移　v—滑块速度

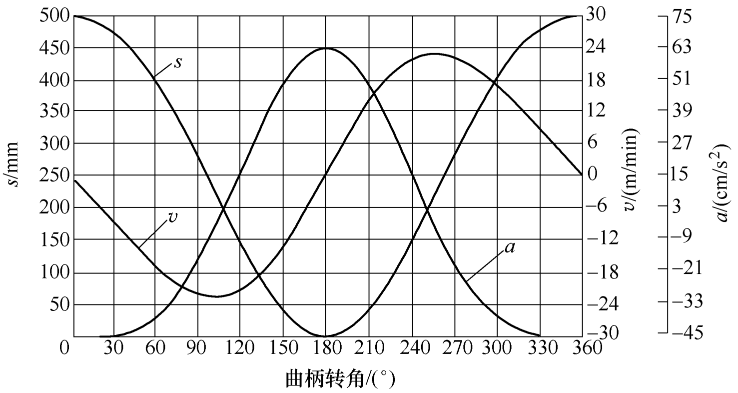


图 3-42　某闭式双点 4000kN 压力机的滑块行程、速度、加速度曲线

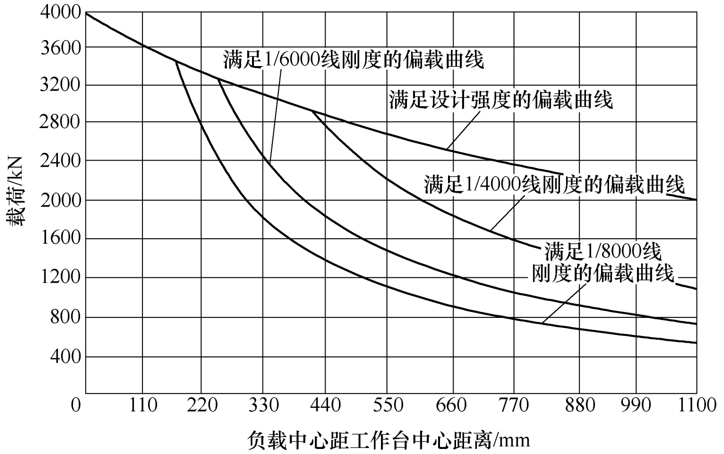


图 3-43　滑块左右方向允许偏载曲线

思　　考

1. 压力机滑块的行程位置与公称压力有什么关系？
2. 公称压力是否是恒定的？在使用压力机时，什么情况容易超载？
3. 压力机行程次数和行程功有无关系？
4. 滑块运动速度是否是恒定的？

3.6　机械压力机可以实现哪些操作

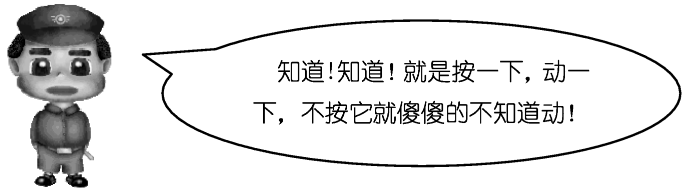
一般开式压力机的操作方式较简单，因此本文不做过多赘述，主要针对中大型通用压力机的基本操作方法和操作功能作一介绍。

1. 生产准备时的操作

（1）微调动作　即按动按钮使滑块缓慢下行。

（2）寸动动作　操作时，将“操作选择”开关置于“行程”位置，把“行程选择”开关置于“寸动”位置，双手同时按压寸动行程按钮，滑块开始运动，只要松开其中一个按钮，滑块立刻停止。

要注意的是，寸动行程开动时间间隔应不少于规定的时间，如 8 秒，否则会引起离合器，制动器功能降低，出现事故隐患。另外，此类动作仅限装卸模具、调模和过载复位时使用，不能用于生产操作。



2. 生产时的操作动作

（1）单次运转　将“操作选择”开关置于“行程”位置，把“行程选择”开关置于“单次”位置。操作时，双手同时按压操作按钮，滑块向下运动。

如果滑块在下死点之前松开任一按钮，滑块立刻停止；如果滑块已过下死点位置，无论怎样按压按钮，滑块都是停在上死点位置。

1）单次运动的条件是滑块必须处于上死点处。

2）单次行程要注意滑块是否停止在设定停止点的 ±10′范围内。

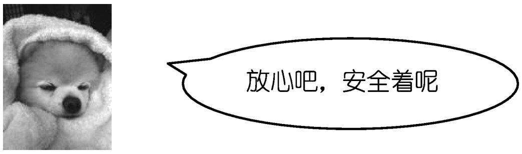
3）单次行程接通频率每分钟不得超过 10 次，否则会引起离合器、制动器功能降低，易出事故。

（2）连续行程　行程开关选择“连续”位置。操作时，首先要按一下“运转预置”按钮，待“运转准备”灯亮后，按一下“连续预置”按钮，并在规定的时间内(约 10 秒)，双手按下操作连续行程；如果超过 10 秒，还要再按一下“连续预置”按钮，否则行程无法开动。

开动连续行程，第一次循环要滑块过下死点之后才能松开按钮。

1）连续行程的停止方式：①按压“上死点停止”按钮，滑块即停在上死点处。②按压“紧急停止”按钮，滑块立刻停止。如果要恢复连续行程运转，必须先进行“寸动”行程，将滑块停在上死点，然后按“连续”行程操作程序进行操作。

2）连续行程的使用条件：只有在坯料、工件、废料均可自动控制，且工作环境安全时方可使用。



（3）压力机其他动作

1）滑块装模高度/气垫(拉深垫)行程调整：使电动机正向或反向运转，达到向上/向下调整的目的。

2）紧急停止操作：在遇到紧急情况时，按压紧急开关，滑块立即停止动作。

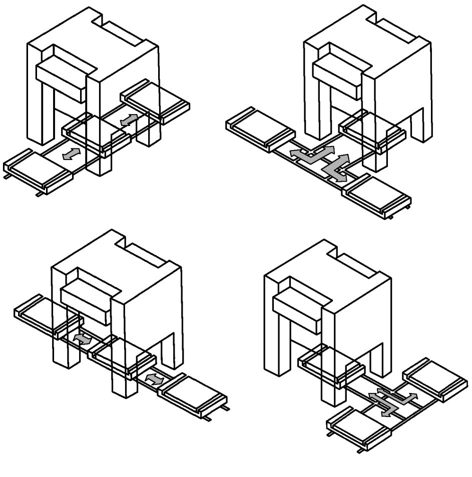
急停后的恢复动作：①无负载空运转时，通过“寸动”运转使滑块复位于上死点，再进行其他规范操作。②有负载时，紧急停止的位置如果在下死点之前，应开反转，使滑块复位于上死点；过了下死点应以正转使滑块复位于上死点，再进行其他规范操作。

3）过载保护：当压力机超过允许负荷时，压力机会起动液压保护系统，使压力机不能动作(这种现象简称“卸荷”)。

滑块的复位操作：关闭主电动机，并确认飞轮停止转动。如果滑块停止位置在下死点之前，飞轮要开动反转；当滑块停止位置超过下死点时，飞轮要开动正转。

4）移动工作台开进、开出。

移动工作台开动的方向的几种类型如图 3-44 所示。



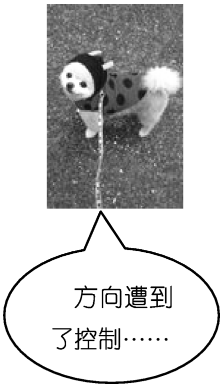


图 3-44　工作台开出方向示意图

5）模垫滞后动作。滑块升起后，气垫稍后几秒再升起，这种动作叫模垫滞后动作。

这种动作的作用是：①便于工件的脱模。②有些特殊工序只有采用模垫滞后动作才能正常压制工件。

要注意的是，这种功能需要在用户购买设备时提出专门要求。

6）模垫提升动作。移动工作台在开出后顶起托杆，使模具能够在正确的位置安装。

由于结构限制，模垫的提升力不大，只能用于对正装模位置，一般不宜直接用来顶起模具。

此项功能也需要用户在购买设备时订制。

3. 不允许的设备操作

频繁的进行开动停止压力机操作，将使离合器和制动器的工作条件恶化，给安全生产带来隐患。因此压力机连续开动停止的次数不能超过滑块行程的最大允许断续行程次数。其中，断续行程次数是指以单次行程运转或寸动运转，连续反复开动停止压力机操作时，每分钟允许的最大行程次数。

思　　考

1. "寸动"操作能否进行试生产？
2. "单次"行程每分钟操作次数有没有要求？为什么？
3. 如果压力机"卸荷"了，该怎样进行后序操作？
4. 模垫顶起装置能否用来直接顶起模具？此功能是否是压力机必带装置？

3.7 机械压力机有哪些压力需要调节

表3-4列出了某型号压力机的压力表控制点。

表3-4　某型号压力机的压力表控制点示例

气压调整类别	项　　目	送进气压/MPa	备　　注
气压相对固定/设备维修人员调整	总气源	0.55	
	离合器-制动器	0.4	
	飞轮制动器	0.5	
	气动泵(输出12MPa时)	0.5	实际值试车时定
	卸荷阀(输出12MPa时)	0.35	实际值试车时定
	上模夹紧	0.5	
	移动工作台升降	0.5	
	移动工作台夹紧	0.5	
压力需要经常调整/冲压操作人员和工艺人员调整	平衡器	(0.38)	无模具时
	拉深垫(气垫)	最大0.5	根据需要调节
	拉深垫(气垫)闭锁	0.5	此功能选用

1. 平衡器

表3-5列出了平衡器气压与模具重量的关系，图3-45所示为平衡力与压力表对照图。

平衡器的主要作用是通入压缩空气后平衡滑块部件、上模及连杆、导柱等重量，可以消除连杆系统、调节螺杆等受力部位的间隙，避免滑块上下移动过程中因间隙换向而引起的附加冲击力，保证滑块运动平稳和压力机精度稳定，防止制动器失灵引起滑块由于自重下滑可能发生的事故，保证压力机的使用安全性。此外，平衡器还有助于飞轮能量的迅速恢复。

表 3-5　平衡器气压与模具重量关系

气压/MPa	上模重量/kg	气压/MPa	上模重量/kg
0. 350		0. 475	4820
0. 375		0. 500	6205
0. 400	665	0. 525	
0. 425	2050	0. 550	
0. 450	3435		

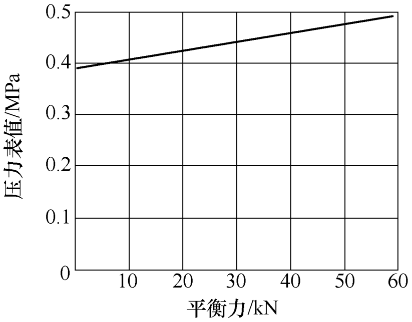


图 3-45　平衡力与压力表对照

注意：调整平衡器压力后，要在表值稳定以后才能开动滑块。

（1）平衡压力调整正确与否的鉴别　将滑块升至行程中间位置后关掉主电动机，停止飞轮转动，用“寸动”行程规范使制动器脱开，观察滑块动作。如果滑块下落，说明平衡器风压偏低；如果滑块静止不动，非常缓慢地上升，说明气压调整正确；如果滑块上升较快，说明气压偏高，需降低。也可起动滑块装模高度调整电动机，使滑块上升或下降，测量该电动机电流。若上升或下降时电动机电流基本相同，说明平衡气压调整正确。

（2）平衡气压调得过低的影响

1）滑块运动不平稳。

2）由于偏心套、连接部位以及调整螺杆的螺纹部分，其间隙在有负荷和无负荷时呈相反状态，故不能正确传递运动，在上下死点转变时会产生冲击。

3）制动器出了故障，会使滑块下落，特别是当出现逆转下落现象时，可危及人身安全。

4）增大滑块行程停止时的制动能量，会加快制动器摩擦片的磨损。

5）滑块调整电动机负荷加大。

6）主传动噪声增大。

（3）平衡气压调得过高的影响

1）有可能出现上死点停止时的超程现象。

2）滑块整模高度调整时，调整电机负荷加大。

3）主传动噪声增大。

2. 拉深垫

拉深垫压力是一个工艺参数其大小与所用模具及压制的工件有关。

拉深垫的压力与系统压力的关系与平衡气压一样，是线性关系，即调节压力越大，拉深垫的压力越大。

拉深垫的上升速度可以通过调节主气缸进气管上的节流阀来实现，若拉深垫顶起速度过快，会产生冲击振动现象。

小型压力机气垫如图 3-46 所示，表 3-6 列出了拉深垫压力与压力表的关系。

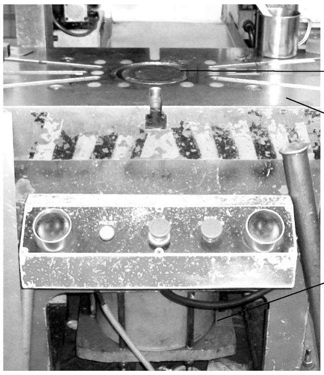


图 3-46　小型压力机气垫示例

表 3-6　拉深垫压力与压力表的关系

气压/MPa	拉深垫压力/kg
0. 300	41885
0. 325	45835
0. 350	49780
0. 375	53730
0. 400	57680
0. 425	61625
0. 450	65580
0. 475	69525
0. 500	73475

思　　考

1. 工艺上经常需要调节的压力有哪几类？
2. 平衡器有什么作用？如果平衡器压力大了，会有什么现象出现？
3. 拉深垫的压力有没有限制，举例说明？

3.8　多连杆压力机有什么特点

多连杆压力机采用了国际上先进的多连杆传动机构，其特点是滑块有较快的空行程运行速度和低而平稳的工作行程速度，因而在相同的拉深速度下，压力机可提高效率 50%，并保证了拉深件的高质量。多连杆传动机构可以用于闭式单点、双点及四点压力机，但主要用在闭式四点压力机上。

图 3-47 所示为闭式四点压力机多连杆传动机构，图 3-48 所示为多连杆压力机。

多连杆机构并不是一个新的概念，早在 20 世纪 60 年代中期，德国舒勒(Shuler)公司首先推出了多连杆机构，随后影响了欧、亚和北美。目前，采用多连杆机构代替一般曲柄连杆机构已成为机械压力机结构发展的重要方向。

多连杆压力机与普通压力机相比具有以下优点：

1）与曲柄压力机相比，多连杆传动压力机的滑块以更慢的速度接触下模的材料，提高了材料的冲压性能和冲压件的质量，并降低了模具的冲击载荷，延长了模具的使用寿命。

2）工作范围内滑块速度较低，接近恒定(见图 3-49)，而且滑块的压力较大，动作平稳，工艺性较好，有可能降低材料的拉深级别，并能完成普通压力机较难完成的拉深成形。

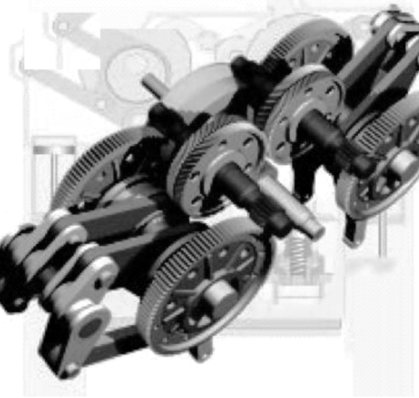


图 3-47　闭式四点压力机多连杆传动机构

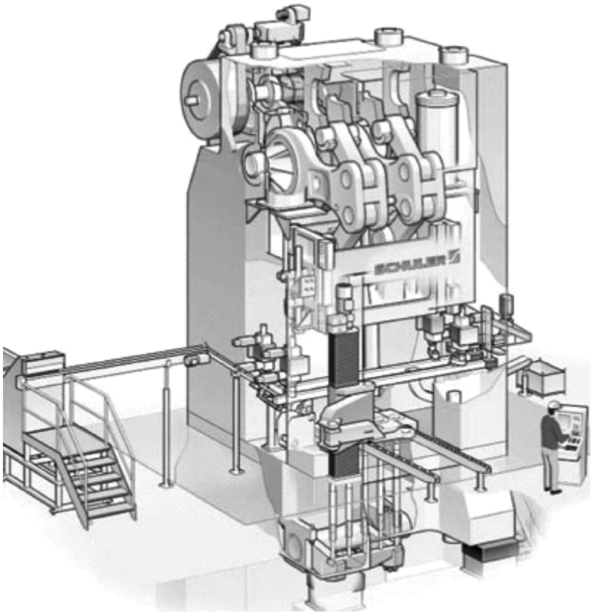


图 3-48　多连杆压力机

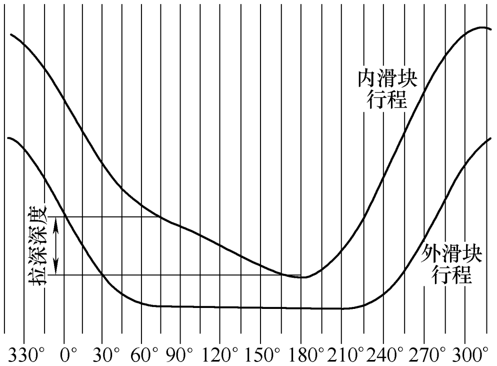
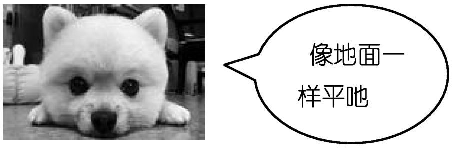


图 3-49　多连杆双动压力机外滑块和
内滑块的时间运动曲线(拉深深度为 200mm)



3）多连杆压力机理论上的生产率提高量与实际达到的不可能完全一致，但是比曲柄压力机高 50% 还是可以实现的。

4）多连杆压力机的扭矩载荷比曲柄压力机减少 25%～35%，因此加速及制动载荷也较小，制动距离较短，制动器和离合器的磨损因而减轻。

5）在多连杆的传动中，扭矩是恒定的，在相同的公称压力时，多连杆压力机可使滑块在下死点前的很大曲柄转角范围（0°～100°）内承受 70%～80% 的额定压力。

6）与普通压力机相比，多连杆机构传动的压力机只有驱动部分的设计不一样，其他部分仍然是标准的，因此可大大降低成本。

7）与技术参数相同的曲柄滑块机构传动的压力机相比，曲柄半径和曲柄扭矩较小，从而使压力机结构紧凑，总体尺寸较小，减轻了机器的重量，对大型压力机的制造具有重要意义。

8）通用性好，且噪声小。

目前市场上还有一种双速离合器压力机。这种压力机上有两个转速不同的大带轮（高速和低速），分别连接离合器的两套主动器件，通过操纵系统的控制，在滑块一次行程中可以使压力机进行高速和低速的转换。通过速度的变换，能够缩短压力机的循环时间，从而可以提高生产率。

多连杆压力机与其他类型压力机的运动曲线比较如图 3-50 所示。

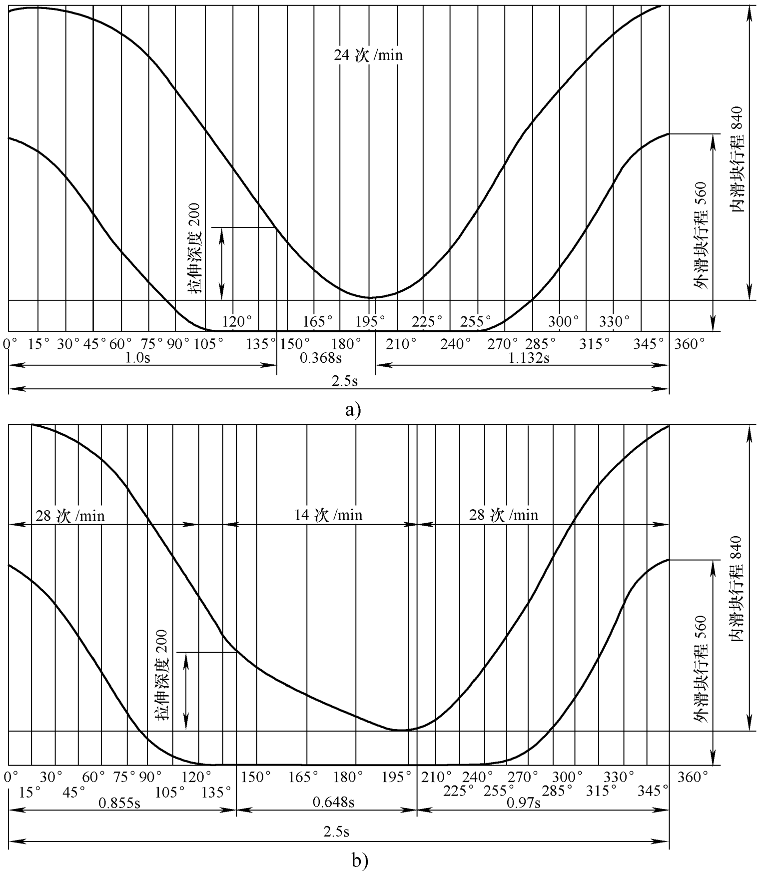
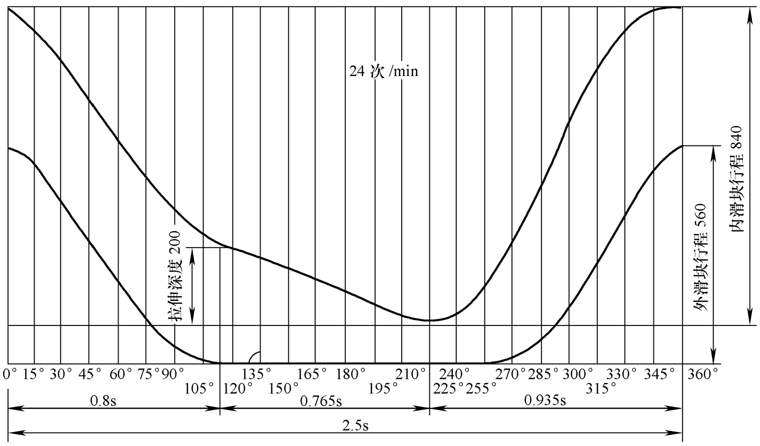


图 3-50　三种压力机滑块行程和速度的比较

a）普通曲柄压力机　b）双速离合器压力机



c)

图 3-50　三种压力机滑块行程和速度的比较(续)

c）多连杆压力机

图 3-51 所示为舒勒的多连杆机构，图 3-52 所示为八连杆传动机构，图 3-53 所示为待装配到多连杆压力机的主传动齿轮组。

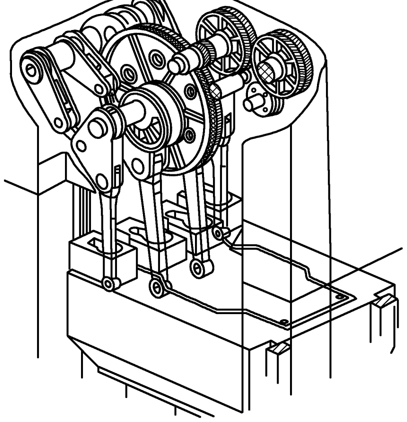


图 3-51　舒勒的多连杆机构

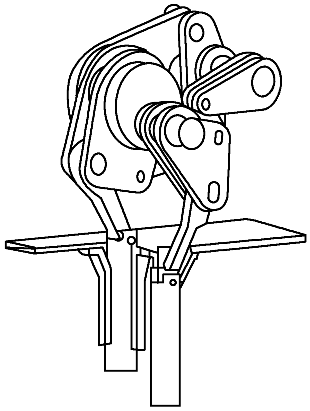


图 3-52　八连杆传动机构外形

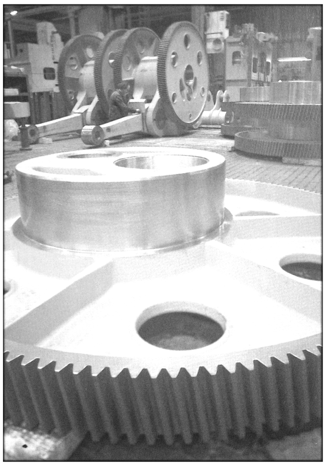


图 3-53　待装配到多连杆压力机的主传动齿轮组

思　　考

1. 多连杆压力机是否比普通曲柄压力机的生产率高？
2. 多连杆压力机的运动曲线与普通曲柄压力机有什么区别？

3.9　什么是多工位压力机

多工位压力机是集机械、电子、控制、检测技术为一体，实现了冲压生产的高速、高精度和全自动化，代表了目前国际冲压成形的高端技术水平，进行高效、大规模冲压生产的先进设备。

大型多工位压力机(见图 3-54)具有占地面积小，生产率高，生产节拍可达 16～25min^{-1}(为手工送料流水线的 4～5 倍,单机联线自动生产线的 2～3 倍)等优点。

图 3-54　多工位压力机示例

大型多工位压力机整个系统只需 2 或 3 人进行监控。更换模具时，只需输入已放在双工作台上的模具号，其余工作便可由系统自动完成，整个换模时间只需 5min，换模的同时还可以对多工位压力机的运行特性作智能化调整。当普通的自动压力机生产线和大型多工位压力机生产规模相同时，多工位压力机投资可减少 20%～40%，能量消耗减少 50%～70%，冲压件综合成本可节约 40%～50%。

美国精密锻压学会早在 1990 年前后就有如下统计结果：美国三大汽车公司的 680 条冲压线中 70% 为多工位压力机，日本为美国建造的 35 条生产线中 69% 为多工位压力机，日本国内的 250 条生产线中有 32% 为多工位压力机。美国的克莱斯勒汽车公司与日本三菱公司合资的 DiamondStar 汽车厂和美国通用汽车公司的 Saturn 工厂已经实现了只用多工位压力机来进行冲压生产。由此可见，大型多工位压力机取代单机联线冲压生产线的来势十分迅猛。

目前我国也已具备了生产 75000kN 超重型闭式多工位压力机的能力。

1. 多工位压力机的分类

多工位压力机分为两大类：

1）一类是每个工位有独立的滑块，相当于数个压力机串联组合后在结构上形成一个整体

（见图 3-54 和图 3-55）。此类多工位压力机可以生产汽车侧围等大型覆盖件，如图 3-56 所示。

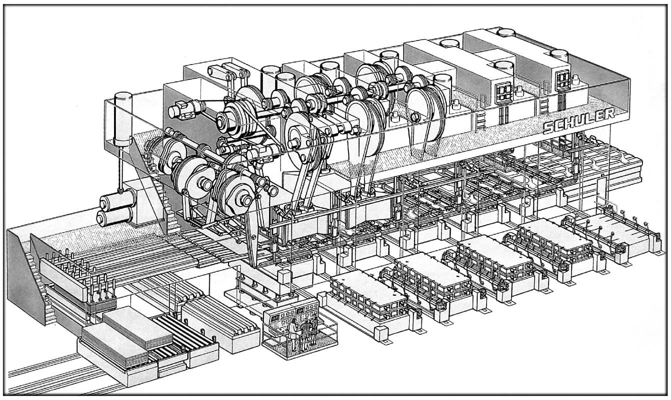


图 3-55　多工位压力机结构示意图

图 3-56　多工位压力机的工作状态实物图

这种多工位压力机大大缩短了工序间的传送距离，各工位间的工件通过快速横杆输送机传递，整条线采用计算机辅助控制系统。

2）一类是三轴多工位压力机，如图 3-57 和图 3-58 所示。三轴压力机是一个滑块，多个工位（即使用级进模），工位间的工件输送由自动夹钳或输送装置进行，如图 3-59 所示。图 3-60 所示为 7 轴控制的万能送料装置。

图 3-57　我国生产的 20000kN 三轴式多工位压力机

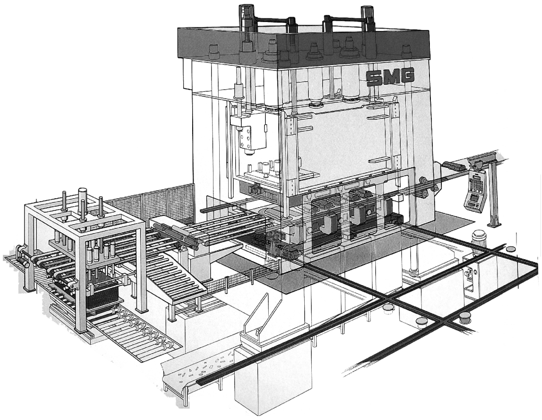


图 3-58　三轴式多工位压力机

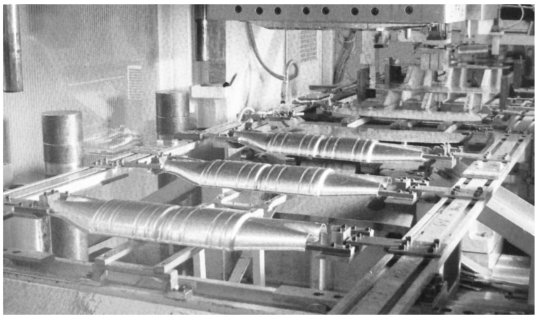


图 3-59　具有三维夹钳的三轴多工位压力机工作状态实物图

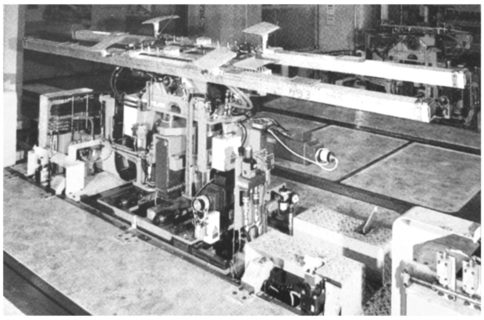
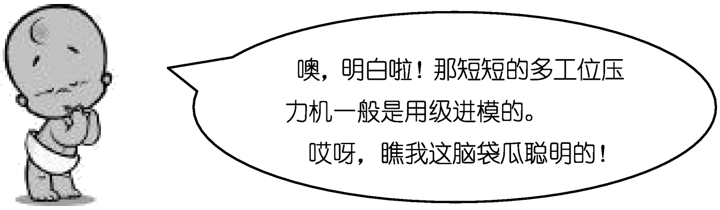


图 3-60　7 轴控制的万能送料装置

此类多工位压力机也可以是数台三轴多工位压力机串联，如某多工位压力机，由两台三轴多工位压力机组成，公称总压力为 38000kN，6 个模位，送料行程 2000mm。



2. 多工位压力机较普通压力机的优势

1）CT 值高，即相同的时间可以生产更多的零件。

2）压力机占地面积小。

3）能源消耗低。

4）使用级进模的多工位压力机的材料利用率高。

5）生产成本低。

但是多工位压力机对模具的标准化程度要求高，价格相对于普通串联压力机要高 2～3 倍。

多工位压力机的送料装置参见本书“自动冲压生产线”章节。

思　考

1. 多工位压力机分为哪几类？
2. 多工位压力机较普通压力机有什么优势？
3. 工位间靠什么装置来传送工件？

3.10　伺服压力机有怎样的先进性

20 世纪 90 年代，随着大功率交流伺服电动机的出现和变频技术的飞快发展，国际上出现了与传统压力机完全不同的伺服压力机。这种压力机是继曲柄压力机、多连杆压力机之后的第三代压力机。

伺服压力机是将信息技术、自动控制、现代电工、新材料等高新技术与传统的机械技术相结合的产物，它实现了滑块的位置、速度及运行曲线可以根据需要来控制。

1. 伺服压力机的技术特点

1）采用了利用单个或多个交流伺服电动机，通过双驱动机构(均载机构)和对称增力机构，直接驱动滑块的主传动机构形式。

2）控制系统由计算机操控，利用数字技术以及反馈控制技术，实现了滑块的柔性动作，使其冲压工艺性得到大大增强，成为成形装备的一个重大突破。

2. 伺服压力机与传统压力机的比较

伺服压力机与传统压力机相比具有以下优点：

1）优化生产节奏和范围。可以根据模具操作行程的高低，调节模具的上死点，使空行程尽量减少；也可以增大有效行程，使压力机对模具的适应性更强，做到既有效合理地利用了压力机，也使压力机的生产率得到提高。

2）冲压件的精度高。通过闭环反馈控制，始终能够保证下死点的精度，并且滑块位置重复精度可达 ±0.01mm，滑块的输出力控制精度可达到 ±1.6%，从而保证了模具始终处在最佳稳定状态，使冲压件的质量得到了提高。

3）可控制滑块的运动及像液压机一样具有保压功能。用户可利用此特点编制出适合加工工艺的滑块运动方式，使原来难度很高甚至难以实现的冲压得以进行，如使高强板、铝合金板大型覆盖件的拉深成形以及镁合金的冲压加工成为可能。

4）噪声低且模具寿命长。通过降低滑块与模具的接触速度，可以大幅度地降低噪声，而且模具所受冲击力小，使得模具的寿命得到提高。

5）节能环保。取消了传统机械压力机的飞轮、离合器等耗能零部件，减少了驱动零部件，简化了机械传动机构；润滑油量减少，行程可控，只消耗必需的最小的电力。因此，运行成本也大幅降低。

6）既有传统机械压力机结构简单和生产率高的优点，又有液压机工作平稳，行程和压力可调的优点，还有运行信息管理和生产信息管理等特点。

7）安全性高，可靠性好，维修方便，压力机通用性高。

3. 伺服压力机的工作原理

伺服压力机是利用永磁铁伺服电动机具有的动力、变速与执行等多种功能和转速具有良好的可控性的特点，直接(或通过齿轮传动)驱动冲压机构，采用自适应扭矩控制技术和计算机控制技术，利用数字技术(以及反馈控制技术)控制伺服电动机的运转，可以精确地控制滑块相对于电动机转角的位置，以便于独立控制滑块的位置和速度，用一种冲压机构实现为多种冲压工艺而设定的最适合的滑块运动模式，通过编制不同的程序，实现工艺所需的各种滑块运动曲线，获得不同的冲压件变形速度。

机械连杆伺服压力机是采用交流伺服电动机作为驱动源，通过减速器驱动特殊螺杆和对称连杆机构，带动滑块运动。

4. 国内外伺服压力机技术发展现状

日本在伺服压力机上的研究目前处于国际领先水平，如小松、冈野、会田等公司，已能生产机械连杆伺服压力机、曲柄多连杆伺服压力机、直动式伺服压力机、液压式精密伺服压力机等多种类型，规格从 40 ~ 25000kN。

欧洲的制造业先进大国(如德国)目前正处于研制阶段。

我国的济南二机床集团有限公司已研制出 10000kN 的伺服压力机。

思　考

1. 伺服压力机与普通机械压力机相比有什么特点?
2. 伺服压力机的工艺性如何?
3. 伺服压力机是否使用成本较高?

3.11　机械压力机的主要参数有哪些

我们订购或使用设备，首先需了解设备的工艺参数。压力机工艺参数的主要内容见表 3-7。

表 3-7　压力机的主要工艺参数

项　目	参数规格		
	开式压力机	单动压力机	双动压力机
公称压力/kN	●	●	内滑块/外滑块
公称压力行程/mm	●	●	内滑块/外滑块
滑块行程长度/mm	●	●	内滑块/外滑块
行程次数/(次/min)	●	●	●
最大装模高度/mm	●	●	内滑块/外滑块
闭合高度调节量/mm	●	●	内滑块/外滑块
滑块底面积(前后×左右)/mm	●	●	内滑块/外滑块
工作台有效面积(前后×左右)/mm	●	●	●
工作台板厚度/mm	●	●	●
滑块附加工艺垫板厚度/mm	(●)	(●)	内滑块/外滑块
工作台附加工艺垫板厚度/mm	(●)	(●)	●
打料杆行程	●	(●)	●
气垫压紧力(退出力)(单个)/kN	气垫压力●	●/●	●
气垫行程/mm	●	●	●
气垫类型和数量	单顶冠/或 2 个	单顶冠/或 2～3 个	●
气垫有效范围(前后×左右)/mm	●	●	●
最大上模重量/kN	●	●	●

注：1. 气垫也可能是液压垫。
2. 工作台有效面积为工作台面积(主要指左右两侧)减去导轨接油盒内伸的尺寸。
3. 气垫不论几个，要加一个气垫顶板，将各气垫连成一体。
4. ●为选用项。

压力机实际参数示例(见表 3-8 ~ 表 3-10):

表 3-8 是某设备厂家标准压力机的技术参数，表中的主电动机功率、整机重量等如果用户没有特殊要求，在订购设备或制订工艺参数时可忽略。

用户根据所用模具的安装尺寸来确定是否需要增加附加工艺垫板。

表 3-8　开式固定台式压力机参数示例

<table>
<tr><td colspan="2">项目名称 Item</td><td>J21 －100B</td><td>JA21 －160</td></tr>
<tr><td colspan="2">公称压力 Nominal Pressure</td><td>1000kN</td><td>1600kN</td></tr>
<tr><td colspan="2">公称压力行程 Nominal Pressure</td><td>10mm</td><td>12mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">滑块行程 Stroke Length</td><td>140mm</td><td>160mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">行程次数 No. of Strokes per minute</td><td>45 次/min</td><td>40 次/min</td></tr>
<tr><td colspan="2">最大装模高度 Max. Die Height</td><td>290mm</td><td>320mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">装模高度调节量 Die Height Adjustment</td><td>100mm</td><td>130mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">喉深 Throat Depth</td><td>320mm</td><td>380mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">工作台板 Bolster Surface</td><td>前后 F. B.</td><td>600mm</td><td>710mm</td></tr>
<tr><td>左右 L. R.</td><td>900mm</td><td>1120mm</td></tr>
<tr><td rowspan="3">工作台孔 Bed Dpening</td><td>前后 F. B.</td><td>250mm</td><td rowspan="3">460mm</td></tr>
<tr><td>左右 L. R.</td><td>420mm</td></tr>
<tr><td>直径 Diameter</td><td>320mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">滑块底面 Slide Surface</td><td>前后</td><td>350mm</td><td>460mm</td></tr>
<tr><td>左右</td><td>540mm</td><td>520mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">模柄孔尺寸 Stemhole</td><td>$\phi60\times80$mm</td><td>$\phi70\times80$mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">立柱间距离 Distance between Uprights</td><td>420mm</td><td>530mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">垫板厚度 Thickness of Bolster</td><td>110mm</td><td>130mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">气垫压力 Pressure of Air Cushion</td><td>100kN</td><td>160kN</td></tr>
<tr><td colspan="2">气垫行程 Stroke of Air Cushion</td><td>70mm</td><td>80mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">主电动机 Main Motor</td><td>型号 Model</td><td colspan="2">Y132M－4　　YH160M1 －4</td></tr>
<tr><td>功率 Power</td><td colspan="2">7. 5 11kW</td></tr>
<tr><td rowspan="3">外形尺寸 Overall Dimension</td><td>前后 F. B.</td><td colspan="2">1710 2080mm</td></tr>
<tr><td>左右 L. R.</td><td colspan="2">1060 1250mm</td></tr>
<tr><td>高度 Height</td><td colspan="2">2600 2860mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">重量 Weight</td><td>6800kg</td><td>12000kg</td></tr>
</table>

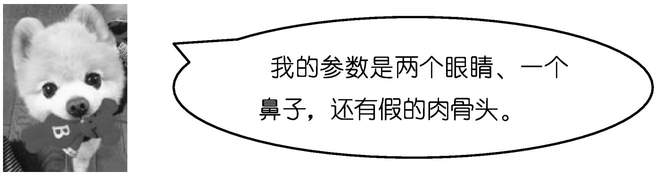


表 3-9 闭式四点单动/双动压力机参数

项目	闭式四点单动压力机		闭式四点多连杆压力机	
	JA39－400	JB39－500A	LS4－500	LS4－600A
公称压力/kN	4000	5000	5000	6000
公称压力行程/mm	13	13	13	25
滑块行程长度/mm	750	750	750	850
滑块行程次数/(次/min)	16	8～18	10～15	12
最大装模高度/mm	1200	1220	1220	1200
装模高度调节量/mm	500	400	660	500
工作台板尺寸(前后×左右)/mm	1900×2700	1800×3500	1900×3100	1900×3100
滑块底面尺寸(前后×左右)/mm	1900×2700	1800×3500	1900×3100	1900×3100
导轨间距离(左右)	2840	3600	3180	3178
气垫压紧力/退出力(单个)/kN	1600	1000	1200	1500/750
气垫数量/个	2(单顶冠)	单顶冠	单顶冠	单顶冠
气垫行程/mm	0～200	0～200	0～300	0～250
滑块形式		气动	气动	
打料杆行程/mm		150	220	
主电动机功率/kW	55	132	110	160
电气控制形式	PLC	PLC	PLC	PLC
压力机地面以上高度/mm	7995	8595	8936	10035
压力机外形尺寸(前后×左右)/mm	5650×5400	5360×5400	5700×6100	5490×7465
压力机整机重量/kg	150000	197500	216000	310000

表 3-10 闭式四点双动拉深压力机

项目	JB47－600/1000	LD4－600/400
公称压力/kN	6000(内滑块)/4000(外滑块)	6000(内滑块)/4000(外滑块)
公称压力行程/mm	13(内滑块)/6.5(外滑块)	13(内滑块)/6(外滑块)
滑块行程长度/mm	940(内滑块)/660(外滑块)	840(内滑块)/560(外滑块)
滑块行程次数/(次/min)	14	14
最大装模高度/mm	1800(内滑块)/1600(外滑块)	1500(内滑块)/1300(外滑块)
装模高度调节量/mm	400(内滑块)/400(外滑块)	500(内滑块)/500(外滑块)
工作台板尺寸(前后×左右)/mm	2200×3750	2000×3100
滑块底面尺寸(前后×左右)/mm	1700×3500(内滑块)/2200×4000(外滑块)	1500×2600(内滑块)/2000×3100(外滑块)
导轨间距离(左右)/mm	4080	3280
气垫压紧力/退出力(单个)/kN	900	1500
气垫数量/个	2	单顶冠
气垫行程/mm	275	0～250
滑块辅助垫板厚度/mm	200(内滑块)/200(外滑块)	100(内滑块)/150(外滑块)
最大拉伸深度/mm	300	300
主电动机功率/kW	132	110
压力机整机重量/kg	343000	305000

3.12　机械压力机有什么精度要求

检验压力机的几何精度时应使压力机的平衡机构处于工作状态。

3.12.1　开式压力机的精度检验(GB50272—2009)

1. 滑块下平面对工作台面的平行度

检验滑块下平面与工作台面的平行度时(图 3-61)，应将滑块调至最大装模高度，且将指示器放在工作台面的平尺上，并应使指示器测头触及滑块下平面后，应按“口”字形移动指示器进行检测。平行度偏差值应以指示器在 100mm 检测长度上的相邻两点的读数差值计，并应符合表 3-11 的规定，且滑块下平面与工作台面在后点的距离不应小于前点的距离。

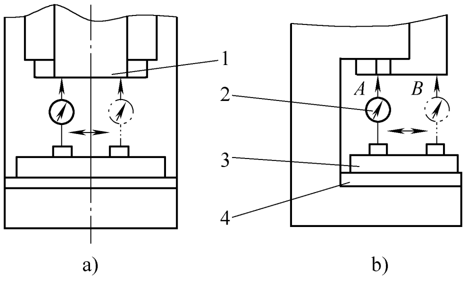


图 3-61　检验滑块下平面与工作台上平面的平行度

a）横向检测　b）纵向检测

1—滑块　2—指示器　3—平尺　4—工作台

A—后点　*B*—前点

表 3-11　滑块下平面与工作台面平行度的允许偏差

公称压力/kN		≤630		>630～2500	
		标准型	深喉口型	标准型	深喉口型
允许偏差/mm	横向	0.015		0.020	
	纵向	0.020	0.025	0.030	0.040

2. 滑块移动对工作台上平面的垂直度

检验滑块移动对工作台面的垂直度时(图 3-62)，应将滑块分别调至最大和最小装模高

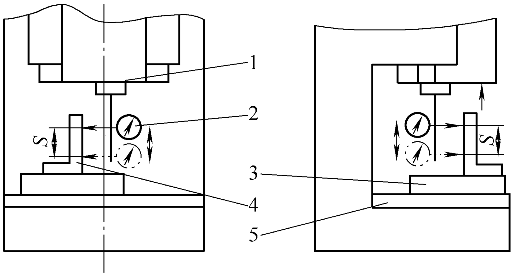


图 3-62　检测滑块移动对工作台上平面的垂直度

1—滑块　2—指示器　3—平尺　4—角尺　5—工作台

S—滑块行程检测长度(mm)

度，且在工作台面的平尺上放直角尺，并应将指示器固定在滑块下平面上，且使指示器测头触及角尺的检测面后，应在工作台面中心的纵、横两个互相垂直的方向进行检测。垂直度偏差值应以指示器在滑块行程检测长度上读数的最大差值计，在100mm检测长度内允许偏差应符合表3-12的规定，且纵向在行程上部位置指示器的读数不应小于在行程下部位置的读数。

表3-12　滑块移动对工作台面垂直度的允许偏差

公称压力/kN		≤630		>630～2500	
		标准型	深喉口型	标准型	深喉口型
允许偏差/mm	横向	0.03		0.04	
	纵向	0.03	0.04	0.04	0.05

3.12.2　闭式单、双点压力机的精度检验(GB 50272—2009)

1. 滑块下平面与工作台面的平行度

检验滑块下平面与工作台面的平行度，应将滑块分别调至最大和最小装模高度，且使滑块行程位于下极限位置，并应在工作台面放一长度不大于500mm的平尺，在平尺上放一指示器，且使指示器测头触及滑块下平面后，应按图3-63所示的检测轨迹移动指示器和平尺进行检测。平行度偏差值应以指示器在图示各边两端点的读数差和左右方向以相邻三点读数的最大差值计，并应符合下列表达式的规定：

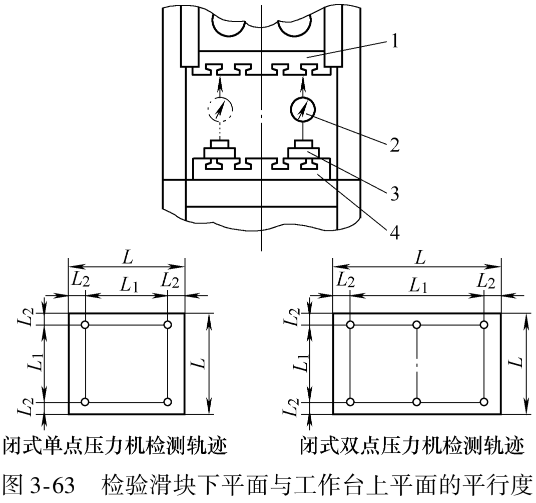


图3-63　检验滑块下平面与工作台上平面的平行度

1—滑块　2—指示器　3—平尺　4—工作台

L—滑块下平面纵、横向长度　L_1—滑块下平面纵、横向检测长度　L_2—不检区长度

$$\theta \leqslant 0.02 + \frac{0.10}{1000}L_1$$

式中　θ——平行度偏差值(mm)；

L_1——滑块下平面纵、横向检测长度(mm)。

闭式双点压力机，尚应在行程的中间位置上检测一次，其平行度偏差值应符合下列表达式的规定：

$$\theta \leqslant 0.04+\frac{0.20}{1000}L_1$$

2. 滑块移动对工作台面的垂直度

检验滑块移动对工作台面的垂直度时（图3-64），应将滑块分别调至最大和最小装模高度，且在工作台面中间位置放一平尺，在平尺上放一直角尺，并应将指示器固定在滑块下平面上，且使指示器测头触及角尺的检测面后，应在工作台面中心的纵、横两个互相垂直的方向进行检测。垂直度偏差值应以指示器在检测长度上读数的最大差值计，并应符合下列表达式的规定：

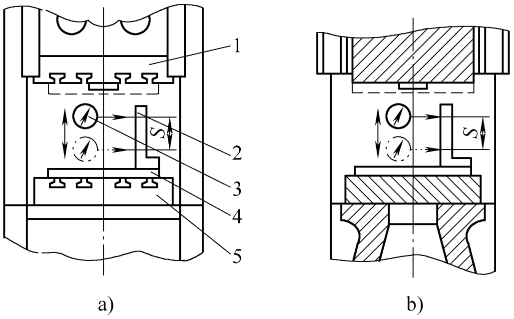


图3-64　检验滑块移动对工作台上平面的垂直度

a）横向检测　b）纵向检测

1—滑块　2—角尺　3—指示器　4—平尺　5—工作台

S—滑块行程检测长度

$$\beta \leqslant 0.02+\frac{0.20}{100}S$$

式中　β——垂直度偏差值（mm）；

S——滑块行程检测长度（mm）。

当装模高度调节量大于500mm时，应在最大、中间、最小三个装模高度上进行检测。

3.12.3　闭式四点压力机的精度检验（GB 50272—2009）

1. 滑块下平面与工作台面的平行度

检验滑块下平面与工作台面的平行度时，应将滑块分别调至最大和最小装模高度，且使滑块行程位于下死点及中间位置，并应在工作台面放一长度不大于500mm的平尺，在平尺上放一指示器，且使指示器测头触及滑块下平面后，应按图3-65所示的检测轨迹移动指示器和平尺进行检测。平行度偏差值横向应以相邻三点读数的最大差值计，纵向应以前后两端点读数的差值计，并应符合下列表达式的规定：

$$\theta \leqslant 0.02+\frac{0.10}{1000}L_1$$

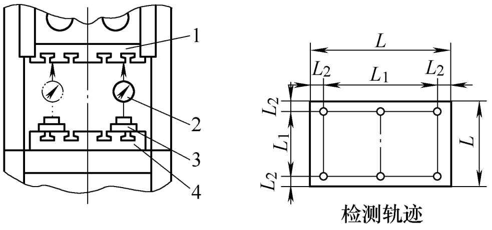


图3-65　检验滑块下平面与工作台面的平行度

1—滑块　2—指示器　3—平尺　4—工作台

L—滑块下平面纵、横向长度　L_1—滑块下平面纵、横向检测长度　L_2—不检区长度

当滑块行程位于中间位置时，其平行度偏差值应符合下列表达式的规定：

$$\theta \leqslant 0.04+\frac{0.20}{1000}L_1$$

当装模高度调节量大于500mm时，应在最大、中间、最小三个装模高度上进行检测。

2. 滑块移动对工作台面的垂直度

检验滑块移动对工作台面的垂直度时(图3-66)，应将滑块分别调至最大和最小装模高度，且在工作台面中间位置上放一平尺，在平尺上放一直角尺，并应将指示器固定在滑块下平面上，且使指示器测头触及角尺的检测面后，应在工作台面中心的纵、横两个互相垂直的方向进行检测。垂直度偏差值应以指示器在检测长度上读数的最大差值计，并应符合下列表达式的规定：

$$\beta \leqslant 0.05 + \frac{0.20}{100}S$$

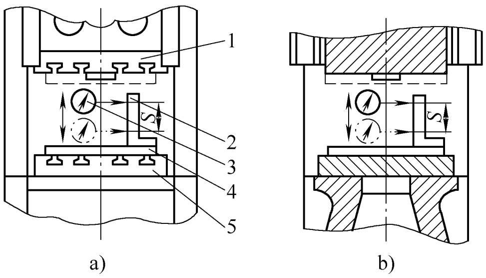


图3-66　检验滑块移动对工作台面的垂直度
a）横向检测　b）纵向检测
1—滑块　2—角尺　3—指示器　4—平尺　5—工作台
S—滑块行程检测长度

当装模高度调节量大于500mm时，应在最大、中间、最小三个装模高度上进行检测。

3.12.4　闭式单点、双点、四点双动拉深压力机的精度检验(GB 50272—2009)

1. 外滑块下平面与工作台面的平行度

检验外滑块下平面与工作台面的平行度时，应将滑块分别调至最大和最小装模高度，且使滑块行程位于下极限位置，并应在工作台面放一长度不大于500mm的平尺，在平尺上放一指示器，且使指示器测头触及外滑块下平面后，应按图3-67所示的检测轨迹移动指示器进行检测。平行度偏差值应以指示器在各边三点上读数的最大差值计，并应符合下列表达式的规定：

$$\theta \leqslant 0.02 + \frac{0.10}{1000}L_1$$

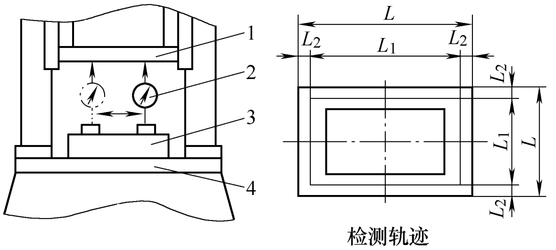


图3-67　检验外滑块下平面与工作台面的平行度
1—外滑块　2—指示器　3—平尺　4—工作台
L—滑块下平面纵、横向长度　L_1—滑块下平面纵、横向检测长度　L_2—不检区长度

闭式双点、四点双动拉深压力机，尚应在向下行程的中间位置上检测一次，其平行度偏差值应符合下列表达式的规定：

$$\theta \leqslant 0.04 + \frac{0.20}{1000}L_1$$

2. 内滑块下平面与工作台面的平行度

检验内滑块下平面与工作台面的平行度时，应将内滑块分别调至最大和最小装模高度，且使滑块位于行程的下极限位置，并应在工作台面上放一长度不大于 500mm 的平尺，在平尺上放一指示器，使指示器测头触及内滑块下平面后，应按图 3-68 所示的检测轨迹移动指示器进行检测。平行度偏差值应以指示器在各边三点读数的最大差值计，并应符合下列表达式的规定：

$$\theta \leqslant 0.02 + \frac{0.10}{1000}L_1$$

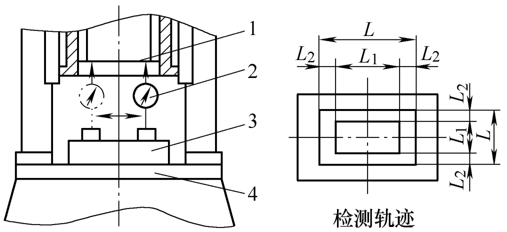


图 3-68　检验内滑块下平面与工作台面的平行度

1—内滑块　2—指示器　3—平尺　4—工作台

L—滑块下平面纵、横向长度　L_1—滑块下平面纵、横向检测长度　L_2—不检区长度

闭式双点、四点双动拉深压力机，尚应在向下行程的中间位置上检测一次，其平行度偏差值应符合下列表达式的规定：

$$\theta \leqslant 0.04 + \frac{0.20}{1000}L_1$$

当装模高度调节量大于 400mm 时，应在最大、中间、最小三个装模高度上进行检测。

3. 外滑块移动对工作台面的垂直度

检验外滑块移动对工作台面的垂直度时(图 3-69)，应将外滑块分别调至最大和最小装模高度，且在工作台面放一平尺，在平尺上放一直角尺，并应将指示器固定在外滑块下平面上，且使指示器测头触及角尺的检验面后，应在工作台面中心的纵、横两个互相垂直的方向进行检测。垂直度偏差值应以指示器在检测长度上读数的最大差值计，并应符合下列表达式的规定：

$$\beta \leqslant 0.08 + \frac{0.03}{100}S$$

4. 内滑块移动对工作台面的垂直度

检验内滑块移动对工作台面的垂直度时(图 3-70)，应将内滑块分别调至最大和最小装模高度，且在工作台面上放一平尺，在平尺上放一直角尺，并应将指示器固定在内滑块下平面上，且使指示器测头触及角尺的检验面后，应在工作台面中心的纵、横两个互相垂直的方向进行检测。垂直度偏差值应以指示器在检测长度上读数的最大差值计，并应符合下列表达式的规定：

$$\beta \leqslant 0.08 + \frac{0.03}{100}S$$

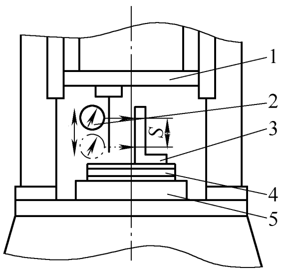


图3-69　检验外滑块移动对工作台面的垂直度
1—外滑块　2—指示器　3—角尺　4—平尺　5—工作台
S—滑块行程检测长度

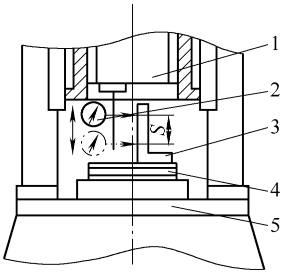


图3-70　检验内滑块移动对工作台面的垂直度
1—内滑块　2—指示器　3—角尺　4—平尺　5—工作台
S—滑块行程检测长度

思　　考

1. 机械压力机的精度检测包括哪几项？
2. 精度检测需要什么用品？
3. 检测滑块下平面对工作台面的平行度，在什么位置检测？
4. 选一台设备进行精度检测，并计算检测值有无超标？

3.13　机械压力机有什么样的地基

1. 不同机械压力机的基础类型

小型开式压力机的地基水平面应与车间地面平齐或略高，地基要有相应的负荷承载能力，并预埋安装固定压力机的地脚螺栓，地基的安装面需满足规定的精度要求。

地基做好后，直接将压力机的安装脚下垫4个减振垫，用地角螺栓固定即可。

中大型压力机的移动工作台下面有压力机底座、气垫、气罐等装置（见图3-71）。气垫的压力越大或气垫的行程越长，占用的地下空间就越大。一般公称压力为8000kN的中大型压力机生产线，底层基础厚需1.1m，基础壁厚需0.8m，地基深度可达6~8m。如果压力机不配气垫，地基的深度可相应减小。

2. 大中型压力机的基础

图3-72所示是一条8000kN机械压力机生产线的地坑实物图。该地坑最深处达6m，比同样规格的液压机的基础要深不少，因此机械压力机的基础造价比液压机的基础要高。

图3-73所示为10000kN液压机的地坑实物图，图3-74和图3-75所示为地坑里的落料口和其他设施的实物图。

（1）压力机的基础分类　压力机的基础分为两类，一类是每个压力机底座安装脚的位置是固定的，基础是按照设备生产厂家的基础要求图样来定做。另一类是带状基础，这种基础是一种通用化的基础，压力机底座安装脚的位置可通过安放在基础立柱上的钢梁来调节，即压力机是直接安装在附加带状钢梁上，因此压力机的前后位置和左右位置可以在一定范围内调节。这种方式的优点是可以在生产线上更换压力机，或根据需要再另外添加设备。但是由于基础为了安装钢梁要增加深度，因而提高了地基的造价。

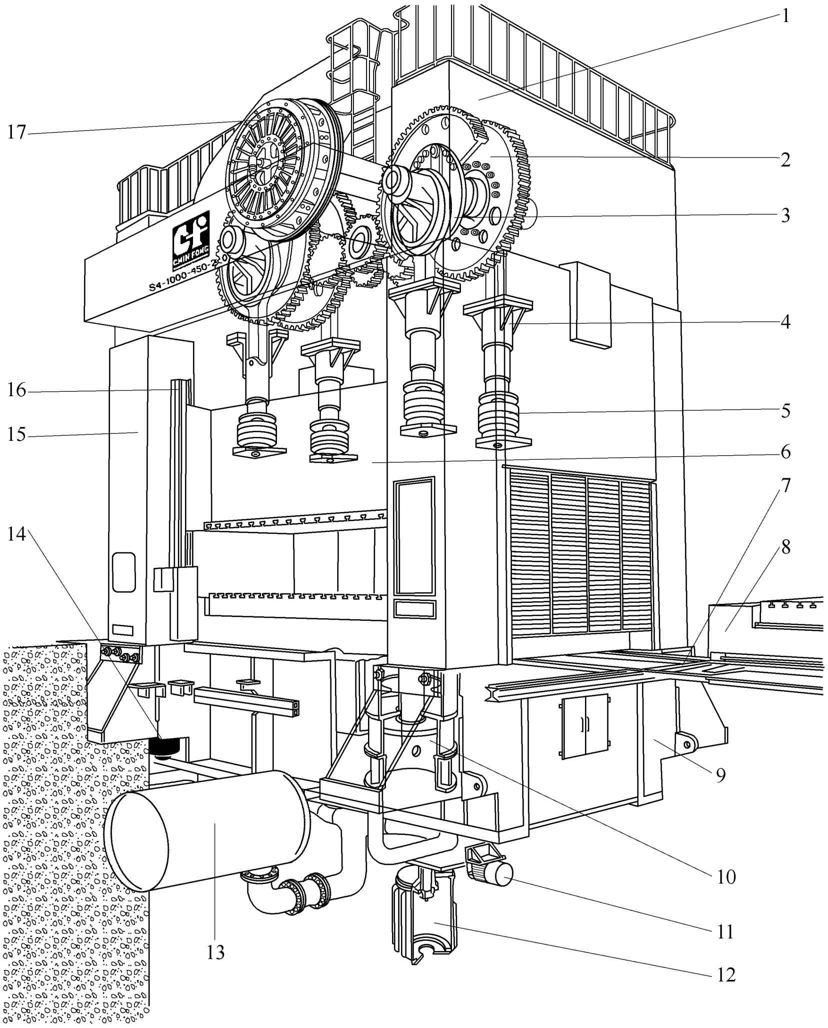


图 3-71　设备整体结构示意图

1—横梁　2—偏心齿轮　3—连杆　4—轴套　5—调节装置　6—滑块　7—移动工作台导轨
8—移动工作台　9—底座　10—气垫(液压垫)　11—气垫行程调节电动机
12—液压泵　13—储气罐　14—压力机拉紧螺栓
15—立柱　16—滑块导向装置　17—飞轮

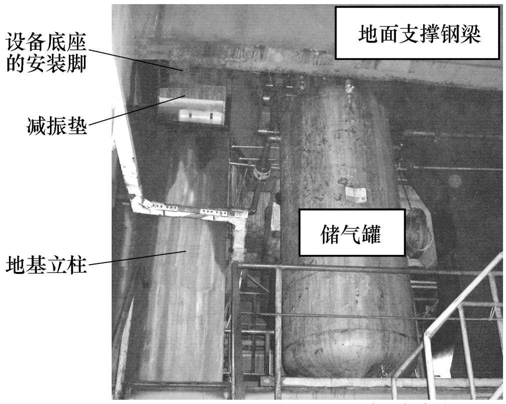


图 3-72　8000kN 机械压力机地下部分实物图

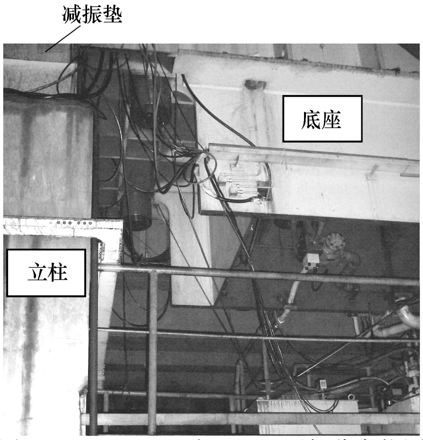


图 3-73　10000kN 液压机地下部分实物图

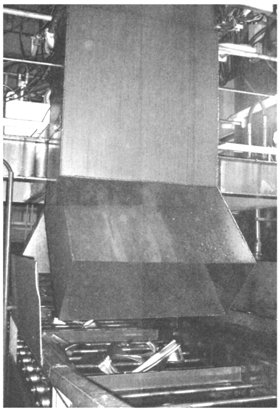


图 3-74　地坑里的废料下落口

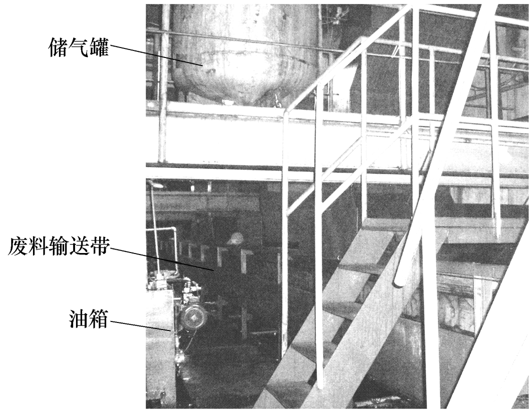


图 3-75　压力机地坑的其他设施

（2）压力机基础的尺寸确定　压力机基础的尺寸（由设备生产厂家提供，如图 3-76 所示）主要包括两个方面：一是压力机底座 4 个安装脚的平面位置尺寸，二是压力机底座 4 个安装脚的高度位置尺寸，如果要安装减振垫（隔振垫），要再减去减振垫的高度（图 3-76 中的 530mm）。

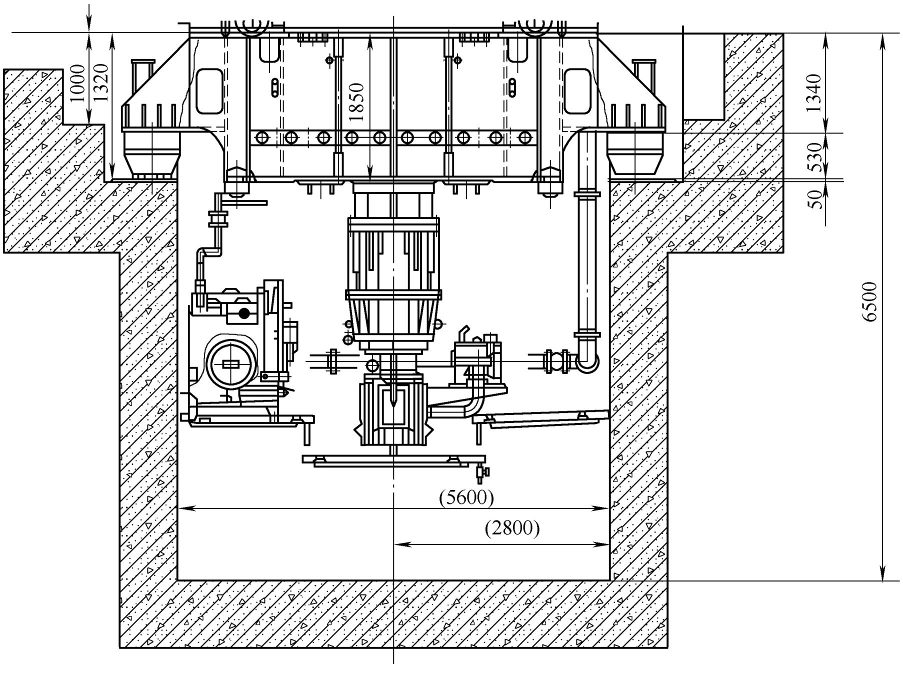


图 3-76　某 400t 压力机的地基尺寸要求

地基的设计是由建筑设计院根据压力机的基础地质情况，按照压力机的总重量及安装位置来确定的。

地基的水平高度要设计和测量准确，否则移动工作台的导轨会高出或低于地平面。

设备生产厂常常会就压力机的基础提些建议，如推荐混凝土的比例为 1∶3∶5；推荐竹节钢筋直径为 0. 75in 等。

3. 压力机基础的精度要求

地基的立柱安装面，即与底座接合面要预埋一块50mm厚的钢板，以便作精度调整。

立柱安装面的纵向和横向安装水平偏差均应不大于0.10/1000。

两个立柱安装面的标高差应不大于0.5mm。

相邻2个立柱安装中心距相对偏差不应大于±0.5mm，4个立柱孔对角中心距相对偏差不应大于0.7mm。

4. 压力机安装前的地基准备工作

1）供电开关和主要电源在安装前要准备好，不要和电焊机等其他设备共用地线和电源。

2）基础及线槽板要预先准备。

3）接地棒或接地端子要在基础施工同时安装好，接地棒要个别分开，且电阻要低于100Ω。

4）压力机的基础精度要预先处理完毕。

思　　考

1. 地基的深度和什么有关？

2. 压力机与地基的什么部分相连？

3. 同样规格的压力机、液压机是否比机械压力机地坑深度要浅？

4. 如果地基的立柱安装面做高了，会产生什么影响？

3.14　机械压力机的触摸屏有什么特点

现在新出厂的机械压力机一般都配有触摸屏。

触摸屏(touch screen)是一种可接收触头等输入信号的感应式液晶显示装置，可用来取代机械式的按钮面板。用手触摸屏幕上的图形按钮时，屏幕上的触觉反馈系统就可按照预先编好的程序驱动各种连结装置，或者进入相关画面，或者使设备自动执行相应的程序。作为一种最新的电脑输入设备，触摸屏是目前最简单、方便、自然的一种人机交互方式。

触摸屏可以储存模具及相应设备的工艺参数，需要时调出所用模具，设备就可自动调整至所设定的状态。与纯按钮式手工操作相比，触摸屏可节约装模时间，更便于操作的规范化，目前已是自动化冲压生产线不可缺少的装置。

不同的品牌和型号，不同的厂家生产的触摸屏，可供设计开发的用途不同。不同的用户，对触摸屏的功能要求也不一样。用户可以根据需要向生产厂家提出自身的要求或相互协商。图3-77所示是某机械压力机的基本工作画面。

机械压力机和液压机的触摸屏可实现的基本功能包括以下几个方面：

1）可储存99套模具资料，并能分类查找。

① 模具的查找：模具清单里一般包括零件号、模具号、模具工序内容、所用压力机型号、模具尺寸、工艺垫板高度、所用托杆(包括数量、规格和升起高度)等内容，与零件对应的作业指导书还包括该套模具的保管高度、作业高度、气垫(液压垫)的行程(与托杆升起高度相关)及压力等设备参数。

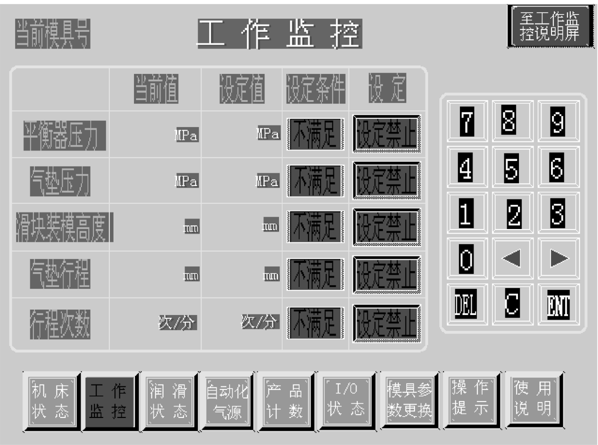
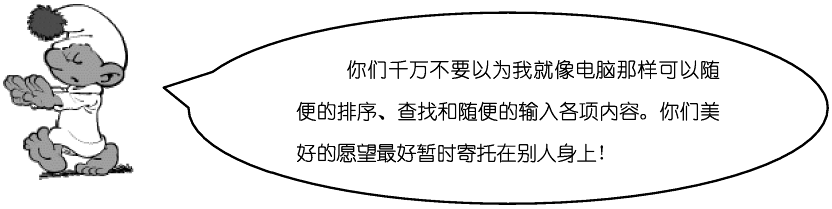


图 3-77　某机械压力机的工作画面



要在几十套甚至上百套的模具中找到所需的模具，目前基本上采用以下两种方法：

一种方法是将模具按 1 ~99 编号，一个阿拉伯数字代表一套模具，模具清单上要专门列出每个数字对应的模具名称，如 36 号代表的是侧围内板的第三道冲孔工序。用数字代表模具，是自动化冲压设备常用的方法。这种方式占用触摸屏内存较少，因此触摸屏可以储存较多的模具编号。但用人工方式查找模具编号及文件保管较为繁琐。

查找所需模具还可采用另外一种方法。对于独立的手工生产设备，先按车型分成几个大类(见图 3-78)，再按照零件号的规律分成若干小类(见图 3-79)。较简便的查找方法是进入大类后，再寻找此零件的某道工序(模具)，从而缩小查找范围。

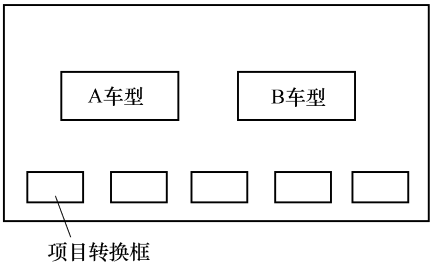


图 3-78　项目转换框示意图(可不设定)

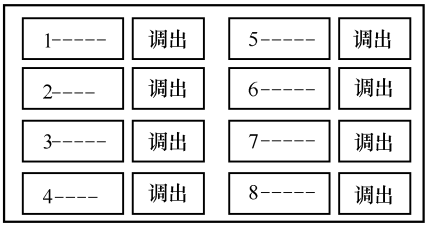
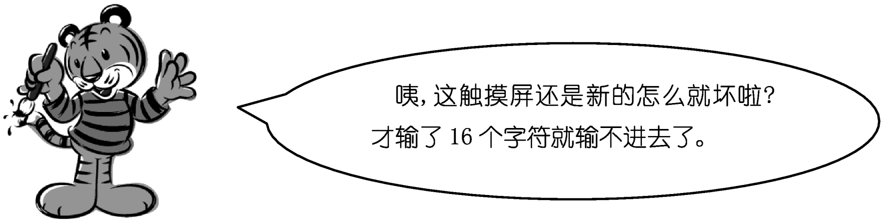


图 3-79　模具(零件)号打头数字

需要说明的是，用不同的设计方法查找模具编号，占用触摸屏内存的差别可能会较大。

② 模具的输入和更改：目前只能在设计程序里对模具的工序内容输入中文，而在触摸屏上只能输入阿拉伯数字和英文字符，并且对字符输入的数量有一定的限制。



为了准确地表达某个零件的某道工序，除了用“ ××××× －M1”中的“M1”来表示第1道工序外，还可以用“ ××××× －1/3－BL”来表示某零件三道工序中的第1序(其中BL表示落料工序)。

输入完毕后按储存框，就可将零件号存入触摸屏。

2）设备参数可自动调整到位。

换模时，调出某套模具，相应的设备参数如装模高度、压力、气垫(液压垫)的行程等可实现自动调节到位(一般机械压力机在50mm以下的装模高度调节量要手工进行)。

除拉深模、成形模外，其他模具大都设有保管高度(模具存放时为避免弹性元件受压，加设了保管块)和作业高度(正常冲压的模具高度)。从模具和设备安全的角度考虑，建议触摸屏储存模具的保管高度，即参数调出后先装模。模具作业高度差若大于50mm，可采用自动调节，否则使用手工调节。

设备的参数可修改和储存，一般对修改权限要设密码加以限制。

3）显示设备的工艺状态(见图3-77)。

4）显示对设备的操作提示。

5）显示对设备故障的诊断提示。图3-80所示为某机械压力机的故障提示。

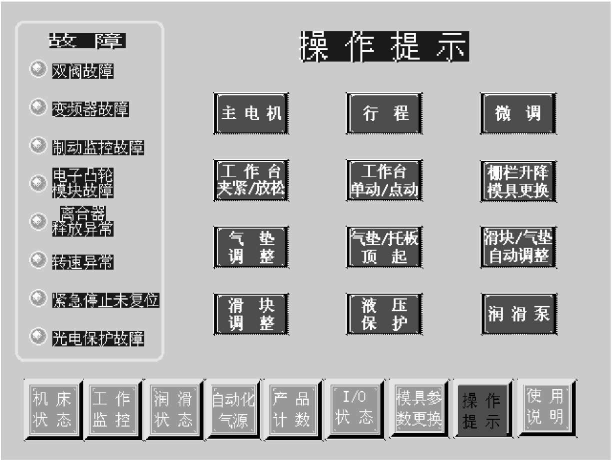


图3-80　某机械压力机的故障提示

6）显示冲压件计数。

7）显示压力机的参数性能。将压力机参数显示在触摸屏上，方便查阅。如在调整气垫压力时，对照压力曲线图进行调节，便可做到心中有数，避免超压。

触摸屏的功能还可以根据用户的特殊需要在可能的范围内作适当的增加。

思　考

1. 触摸屏是不是就是设备参数的显示器？
2. 触摸屏是不是可以像电脑一样在屏上任意操作？
3. 模具的作业高度是不是对任意的调节量都可以实现自动调节？
4. 触摸屏内存储的设备装模高度可以随便更改是否合适？为什么？

3.15　压力机验收的要点是什么

压力机验收是个系统工程，内容涉及工艺要求、机械部分和水、电、气等各个方面。

压力机验收分三个阶段：

1）图样会签。对于生产厂家的标准型压力机，如果没有其他特殊要求，可不必进行图样会签。

2）生产制造厂的压力机出厂验收。

3）压力机进厂后的验收。

压力机验收分两大部分：一部分是属于工艺验收，一部分是属于各机构及附属设施验收。

在压力机验收时，对所有发现的问题都要作详细记录并列出问题清单，与设备厂家一一沟通，研究出处理意见，最后双方签署压力机验收纪要。

3.15.1　图样会签的主要内容

1）工艺参数的正确性，包括压力机的闭合高度、工作台有效尺寸、T型槽尺寸与间距、托杆孔位置、气垫行程等是否有不符合技术参数和技术协议的内容。

2）工艺结构的合理性，包括气垫托板的强度和刚性能否满足气垫在施压时不变形的要求。

3）除上述工艺部分外，压力机的其他结构和机构有无不合理处。

4）技术协议中其他项目的落实情况。

3.15.2　生产制造厂的压力机出厂验收及压力机进厂后的验收

由于压力机的制造需要用到专用设备，并且压力机是由大量的零部件组装而成，为了防止运到目的地后出现需要再加工及零部件出现大的问题，生产厂要在出厂前将压力机完成组装，并按照国家的相关标准进行试运行(见图3-81)。用户在初验之后发现的问题，生产厂要在压力机出厂前解决完毕。

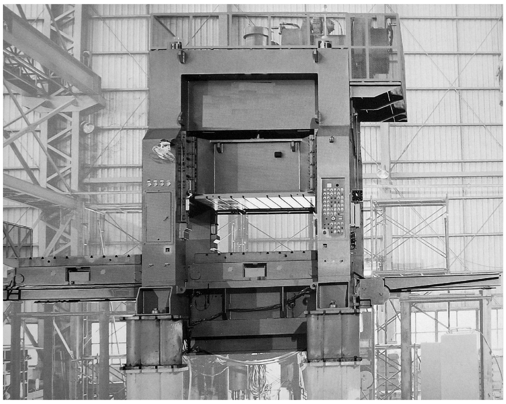


图3-81　压力机出厂前准备验收

当压力机运到用户所在地后，由于需要重新组装，可能还会暴露出一些其他问题或初验时忽略的问题，因此需要再次验收。

压力机验收要点：

首先要求生产厂家提供压力机的合格检测报告，其次要求压力机的组装结合面、滑动面、润滑系统、各种管道、油箱和压力容器要清洁无锈蚀。

1. 压力机的装配质量检查

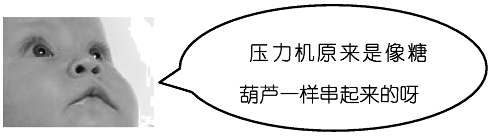
1）重要的固定结合面应紧密贴合，包括：

① 立柱与横梁及工作台。

② 拉紧螺栓与横梁及工作台。

③ 工作台板与工作台。

④ 导轨与立柱等零件。



结合面紧固后要用 0.05mm 塞尺进行检验，只允许塞尺局部插入，其插入深度不得大于 20mm，且插入部分累计不大于可检周长的 10%。

2）啮合齿轮的轴向错位不得大于表 3-13 中的限度。

表 3-13　啮合齿轮轴向错位限度　（单位/mm）

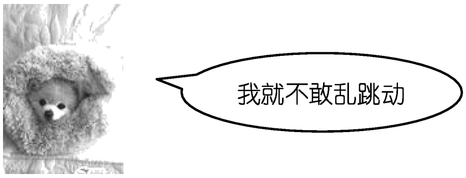
小齿轮轮缘宽度 B	中心错位≤	小齿轮轮缘宽度 B	中心错位≤
$B \leq 50$	2.5	$B > 150$	6
$50 < B \leq 150$	4		

3）飞轮部装或总装后，应检查飞轮的跳动，其跳动误差不应大于表 3-14 中的规定。

表 3-14　飞轮跳动误差限定　（单位/mm）

飞轮直径 D	跳动公差		飞轮直径 D	跳动公差	
	径向	轴向（端面）		径向	轴向（端面）
$D \leq 1000$	0.10	0.20	$D > 2000$	0.20	0.40
$1000 < D \leq 2000$	0.15	0.30			

另外，对压力机零件的质量（如铸铁件的质量、焊接件的气孔和焊渣）、工作表面（如轴套和轴瓦的内表面）、导轨滑动面的表面缺陷，以及硬度的一致性都要作检查。



2. 工艺参数的测量

对属于测量范围的工艺参数，如设备闭合高度及调整量、T 形槽实际尺寸及间距、托杆长度、气垫行程范围等作全方位的实际测量。

工艺参数的允许偏差见表 3-15。

表 3-15　工艺参数允许偏差

检 验 项 目	允 许 偏 差
最大装模高度	≤高度的 2%
装模高度调节量	≤调节量的 5%
滑块行程	≤行程的 ±1%
滑块行程次数	不小于标准次数的 10%，或不大于标准次数的 5%
滑块上死点表值偏差	±10'
导轨间距离	不小于参数标准中的规定
滑块底面尺寸(前后)	偏差计算小于 1，仍以 1 计
工作台板尺寸	未注公差尺寸的极限偏差

3. 进行空运转试验

对压力机的所有动作，包括单次行程、连续行程、寸动行程等进行空运转试验。

压力机滑块连续空运转试验时间一般不少于 4h，其中连续行程试验不少于 2h，单次行程试验不少于 1.5h。单次行程试验时，离合器与制动器每分钟接合次数的规定见表 3-16。

表 3-16　单次行程试验离合器与制动器每分钟接合次数的规定

滑块行程次数(次/min)		<16	20	25	32	40	50
闭式单、双点压力机	单次行程次数占滑块行程次数百分比(%)	70	65	60	55	50	45
闭式单、双点切边压力机		60	55	50	45	40	35

在进行空运转试验时，要对压力机各系统及器件进行监测，检测的内容见表 3-17。

表 3-17　压力机单次/寸动空运转试验监测表

名　　称	检 测 项 目	检 测 要 求
滑动轴承	温升	温升不应超过 35℃，最高温度不超过 70℃
滚动轴承	温升	温升不应超过 40℃，最高温度不超过 870℃
滑块导轨	温升	温升不应超过 15℃，最高温度不超过 50℃
摩擦离合器-制动器	动作	发热不得影响周围零件的正常工作及使用寿命
离合器-制动器	动作	平稳协调，不允许有明显振动
电磁控制气阀	动作	平稳协调
电气、液压、气动、润滑和冷却系统等	工作情况	工作正常可靠，液体和气体管路无阻滞和渗漏现象
滑块	停止位置	单次循环结束时，滑块应停在上死点，实际误差不得大于 ±5°
安全保护装置	工作情况	准确可靠，在单次行程工作规范时，不得发生连续行程现象
寸动行程	动作	行程次数不少于 20 次，每次间隔 3s，动作灵敏可靠
传动机构及其他系统	异常声响	不应有不规则的冲击声和周期性的尖鸣声
压力机	噪声声压级	单次行程中测定，最大不得超过 90db(a)
装模高度调整试验	动作	主传动停止，滑块往复一次，要求： 1）操纵机构动作应准确并灵敏可靠 2）电动机的稳定电流不得超过额定数据 3）限位保护装置应可靠 4）装模高度的指示装置应指示准确

4. 测试工艺参数及设备技术协议中的相关内容

对属于测试范围的工艺参数及设备技术协议中的相关内容，如压力机的公称压力、气垫压力、闭合高度调节速度、工作台移动速度等进行测试。

（1）公称压力的测试　要作满负荷试验，试验次数不少于 3 次。

1）所有机构在满负荷试验时动作应协调可靠。

2）复检压力机的精度应符合要求。

3）精度检测合格后，滑块和导轨的间隙实测值要与设备合格证明书作对比。

4）装有负载指示器时，应检查其工作的正确性。

（2）对新压力机作超负荷试验　按公称压力的 120% 作超负荷试验，次数不少于 3 次。

（3）气垫试验　气垫应进行连续行程和单次行程试验各一小时。

气垫的连续行程和单次行程要按压力机连续行程功的 50%，在气垫最大行程条件下试验。无论是连续行程，还是单次行程，气垫行程试验后都需检测以下内容：

1）如果压力机有多个气垫，要检测气垫之间的同步性。

2）检测气垫与托杆接触面相对于工作台的平行度，按前后、左右、中间 6 个点来检测。这项测量目前没有国家或行业标准，但此精度对拉深成形的质量有较大影响，因此建议进行检测，检测的标准可参照滑块与工作台的平行度要求。

液压气垫的检测要求：液压系统应工作正常，增压器阀口处不应有强烈的冲击声，液压缸中压力波动应不大于 30%，液压油的温度不得超过 60℃。

纯气垫的检查要求：压力正常并且无异响。

5. 压力机的精度测量

压力机的精度测量应符合要求。压力机的精度检测参照专文内容。

6. 检查其他项目

1）压力机自身项目：包括压力机的各类文件、噪声、涂装、安全设施、配件、专用工具等。

2）压力机附属项目：包括废料输送线的通道空间是否与压力机干涉等。

思　　考

1. 为什么中大型压力机要作出厂前的验收？
2. 压力机工艺验收主要是哪些内容？
3. 为什么要进行压力机的空运转试验？
4. 空运转试验要作多长时间的连续运转？
5. 超负荷试验的力是多大？试验最少几次？
6. 立柱与横梁的安装间隙为 0.06mm 是否合格？

第 4 章　液　压　机

4.1　液压机有什么特点

液压机是一种以液体为介质来传递能量，以实现多种锻压工艺的设备。

液压机是锻压机械的一大类，是飞机、汽车、拖拉机等工业部门不可缺少的加工设备，在机器制造业中占有重要的地位。液压机有很多种类型，本书主要介绍中压薄板用液压机。

液压机的工作介质主要有两种，一种是液压油，一种是乳化液。

1. 薄板冲压液压机的主要类型

冲压薄板用液压机分为两大类：一种是单动薄板冲压液压机(见图 4-1)，一种是双动薄板冲压液压机(见图 4-2)。

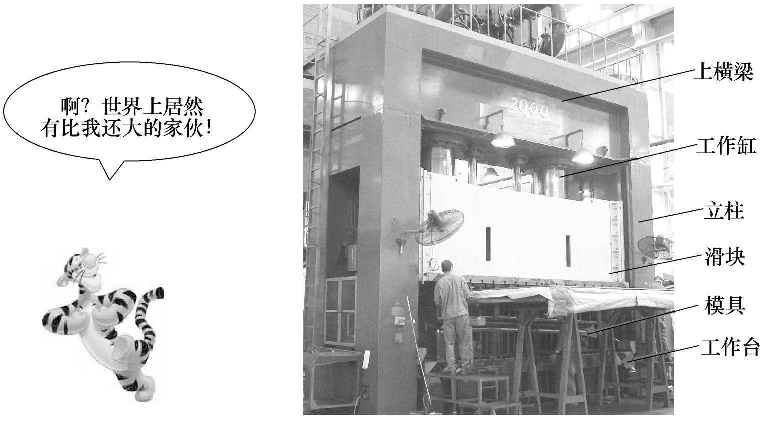


图 4-1　单动薄板冲压液压机实物图

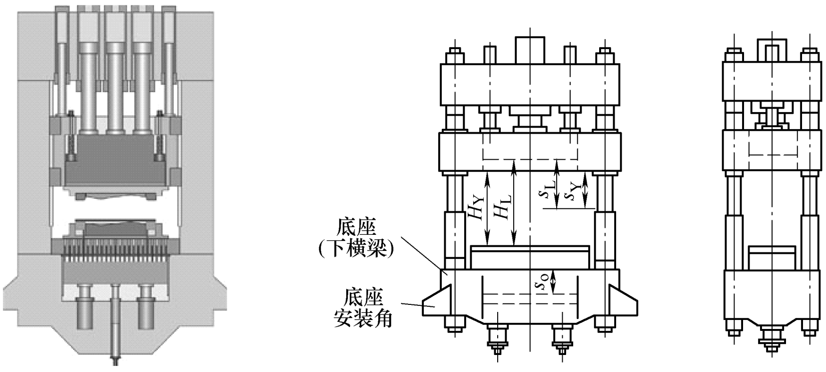


图 4-2　立柱式双动薄板冲压液压机

2. 液压机的优点

1）基于液压传动的原理，执行器件(缸及柱塞或活塞)结构简单，易于获得很大的工作力、较大的工作空间及较长的行程，便于压制大型工件或较长较高的工件。适宜在液压机上使用的模具形式如图 4-3 所示。

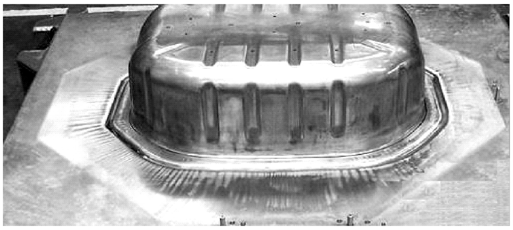


图 4-3　适宜在液压机上使用的模具形式

2）可以在下限点长时间进行保压。

3）滑块能在全行程的任意位置发挥出全部公称力，并且能够停留或返回。

4）可以通过调节各种阀门等简单的方法，在一个工作循环中调压或限压。

5）液压垫压力可以保持均匀一致。

6）滑块的总行程可以在一定范围内任意无级调节。

7）滑块的下限点可以根据压力或行程的位置来改变。

8）滑块和液压垫的力：速度和行程及行程位置可在一定范围内进行任意调节。

9）除了拉深和成形，还可以实现切边等各种工艺要求。

10）液压机的拉深性较好，一些在机械压力机上较难压制的冲压件，往往在液压机上能够较顺利地完成。

11）易于实现超载保护，保护设备及模具。

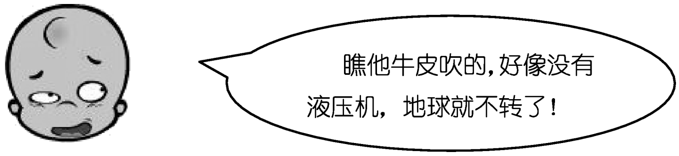
12）传动平稳，振动和噪声小。

13）液压机由于不使用体积庞大的气缸，因而地下部分不用留很大的空间，地基坑可以较机械压力机浅(见图 4-4 和图 4-5)。

图 4-4　液压机的地下固定部分

图 4-5　液压机的地下部分

14）液压机与机械压力机相比，同等公称力的设备，价格上有很大优势。



3. 液压机的缺点

1）由于工作缸内升压及降压都需要一定时间，阀的换向时间较长，空程速度相对较低，即整体冲压速度较机械压力机慢，生产率略低。

2）由于液压机有很多的管路和阀门，易于产生液体泄漏。

3）工作液体有一定的寿命，需要定期更换。

4）用液压泵直接驱动时，安装功率比相应的机械压力机大，即虽然液压机购买成本低，但使用成本高。

思　　考

1. 水压机的工作介质是什么？
2. 液压机能否在规定范围内任意位置停留？
3. 滑块的下限点和上限点是否能调？
4. 滑块在下行程过程中的速度能否随要求变化？

4.2　液压机有怎样的发展趋势

随着电子技术和液压技术的发展，液压机的技术水平也在不断地提高，主要表现在以下几个方面：

1. 液压机冲压速度和生产率的提高

通过改进液压系统设计，采用快速缸或快速换向阀，提高液压机的行程速度。

1）提高液压机的工作速度。目前我国生产的液压机工作速度可达 100mm/s 以上。

2）提高空程和回程速度，以便缩短循环时间，提高行程次数。目前我国生产的液压机空程和回程速度已经达到了 650mm/s 左右。

2. 液压机自动化程度的提高

1）采用自动上下料装置，实现单机自动化。

2）发展多工位液压机，实现在一台液压机上可进行多工序加工。德国 SMG 制造的用于生产储气瓶的液压机自动生产线，其生产速度可达 600 件/h。

3）缩短辅助操作时间，配备快速换模系统和快速夹紧系统。目前我国对此系统已广泛采用。

3. 设备刚度和精度的提高

为了提高冲压件的稳定性和模具寿命，需要对液压机的刚度和精度提出更高的要求。如滑块和工作台在满负荷状态下的挠度变形不能超过 1/8000，设备承受偏心载荷的能力为 200mm 等。

4. 液压机的大型化和高压化

目前世界上50 000kN的液压机已不罕见，瑞典某公司生产的液压机的工作压力可达到630MPa。大型化和高压化已是液压机一个重要的发展方向。

5. 控制系统的数控化

随着电子技术和液压技术的发展，多种机电一体化液压器件的电子检测器件的开发，以及微处理机的普及，进一步促进了数控技术在液压机上的广泛应用。目前由可编程序控制器（PLC）控制和采用触摸屏的液压机已得到广泛的应用，可以储存设备对应的模具工艺参数，需要时可快速调出，设备按工艺参数自动调整。

6. 液压系统的集成化

目前，液压系统集成化设计已成主流趋势。

集成化系统的特点是，结构紧凑，体积小，配管大大减少，缩短和简化液压系统的设计和安装周期，减少系统的振动、漏油和噪声，器件维修和更换方便。

7. 电液比例技术的应用

普通开关控制系统不能在工作过程中进行连续控制和自动调节。目前，电液比例控制技术得到了发展。

电液比例控制阀是一种能按输入电信号的强弱连续地和按比例地控制液压系统的流量、压力和液流方向的阀类。在控制方式和使用性能上，它是介于普通液压阀和电液伺服阀之间的一种液压器件。与普通液压阀相比，它能更简单地实现远距离控制，能连续地、按比例地控制液压系统的压力和流量，从而实现对执行部件的位置、速度和力的连续控制。

思　　考

目前液压机的主要技术进步有哪几点？

4.3　液压机的型号怎样解读

JB/T 9965—1999对通用锻压机械的型号表示规定为：

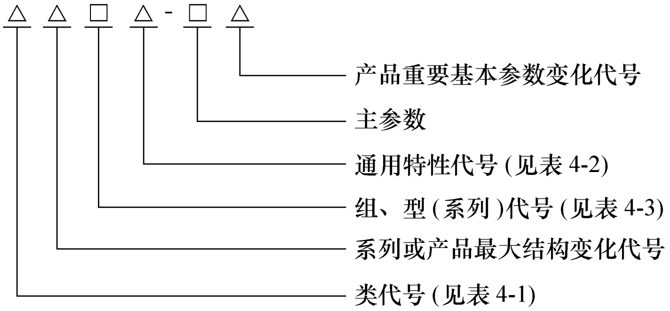


表4-1　锻压机械分类及字母代号（摘自JB/T 9965—1999）

类别	机械压力机	液压机	自动锻压机	锤	锻机	剪切机	弯曲校正机	其他
字母代号	J	Y	Z	C	D	Q	W	T

表 4-2　锻压设备通用特性代号(摘自 JB/T 9965—1999)

字母代号	K	Z	Y	Q	G	M
通用特性名称	数控	自动	液压	气动	高速	精密

表 4-3　部分液压机分类(摘自 JB/T 9965—1999)

组	型	锻压机械名称	主参数名称	单位
冲压拉深液压机	26	精密冲裁液压机	总力	kN
	27	单动薄板拉深液压机	公称力	kN
	28	双动薄板拉深液压机	公称拉深力/总力	kN/kN
一般用途液压机	32	四柱液压机	公称力	kN
	34	框架液压机	公称力	kN
	36	切边液压机	公称力	kN

如型号 YT27-1200 表示：Y——液压机；T——系列或产品重大结构变化代号；27——单动薄板冲压液压机；1200——公称力 1200kN。

4.4　液压机的工作原理是什么

4.4.1　液压机的工作原理(见图 4-6)

两个充满工作液体、具有柱塞(活塞)的封闭容器由管道连通，当小柱塞 1 上作用有力 p_1时，液体的压强为

$$p = \frac{p_1}{A_1}$$

式中　p_1——小柱塞 1 上的作用力；

A_1——小柱塞 1 的横截面积。

根据帕斯卡定律，在密闭容器中液体的压强在各个方向上完全相等，即压强 p 将传递到容器内的每一个点，这样大柱塞 2 上将产生向上的作用力 p_2，p_1 和 p_2 的关系见下式：

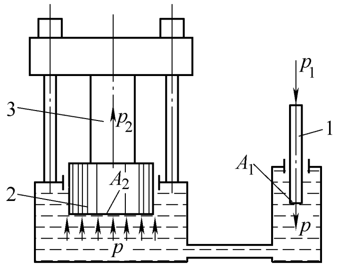


图 4-6　液压机工作原理

1—小柱塞　2—大柱塞　3—工件

$$p_2 = p_1 = \frac{A_2}{A_1}$$

式中　A_2——大柱塞 2 的横截面积；

p_2——大柱塞 2 上的作用力。

由于 $A_2 \gg A_1$，所以 $p_2 \gg p_1$，也就是说液压机能利用小柱塞 1 上较小的作用力 p_1 在大柱塞 2 上产生很大的力 p_2 使工件 3 变形。

4.4.2　液压机的基本结构和动作循环

1. 液压机的基本结构(见图 4-7)

液压机的基本结构是由上横梁 1、下横梁 3、四个立柱 2 和 16 个内外螺母组成的一个封

闭框架，框架承受全部工作载荷。工作缸9固定在上横梁1上，工作缸内装有工作柱塞8，与滑块(活动横梁)7相连接，滑块沿四根立柱在上、下横梁之间往复运动。滑块安装上模，下横梁的工作台安装下模。

2. 液压机的动作循环

当高压液体进入工作缸并作用于工作柱塞上时，产生了很大的作用力。作用力推动柱塞、滑块及上模向下运动，使上下模具闭合，压制工件。回程缸4固定在下横梁上，回程时，工作缸通低压液体，高压液体进入回程缸，推动回程柱塞6及滑块向上运动，使滑块回到原始位置，完成一个工作循环。

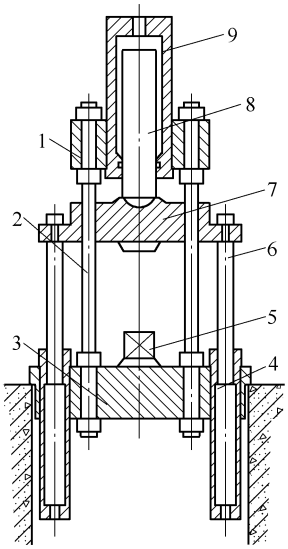


图4-7　液压机基本结构简图

1—上横梁　2—立柱　3—下横梁　4—回程缸　5—工件　6—回程柱塞　7—滑块　8—工作柱塞　9—工作缸

3. 中小型液压机常用工作方式(见图4-8)

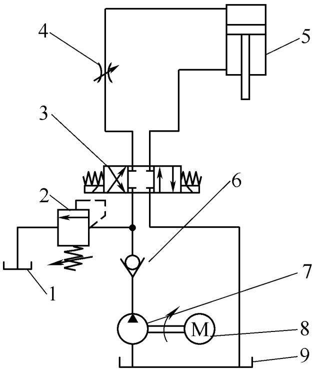


图4-8　活塞缸液压机及其液压系统简图

1、9—油箱　2—溢流阀　3—换向阀　4—节流阀　5—活塞缸　6—单向阀　7—泵　8—电动机

当活塞缸的上腔与下腔交替通入高压液体时，可以相继实现工作行程与回程，而不需单独设置回程缸。

有时为了供给液压机更高压力的工作液体，在工作缸与相应的阀之间需再增设增压器。

思　考

1. 液压机的工作原理是什么？
2. 是不是液压机一定要设回程缸？
3. 液压机的基本结构是什么？
4. 液压机怎样进行工作循环？

4.5　液压机主要控制系统有哪些

液压机的液压系统包括各种高低压泵、高低压容器(油箱、蓄能器等)、阀门及相应的连接管道等。

液压机的工作循环一般包括停止、充液行程、工作行程及回程。上述的不同行程是由液压控制系统中各种功能不同的阀门动作来实现的。

4.5.1　液压器件的基本概念

1）泵：将机械能转换为液压能的装置。

按工作原理分为容积式泵和叶片泵等。

2）充液阀：一种单向阀，能使液压缸在压力作用下快速充放，也可以预设开启压力。

3）溢流阀：维持阀进口压力近于恒定，并使系统中多余的流体通过该阀回流的压力控制阀，在液压设备中起定压溢流作用和安全保护作用。

① 定压溢流作用：在定量泵节流调节系统中，定量泵提供的是恒定流量，当系统压力增大时，会使流量需求减少，此时溢流阀开启，使多余液体流回油箱，以保证溢流阀进口压力及定量泵出口压力恒定。

② 安全保护作用：系统正常工作时，阀门关闭。当负荷超过规定的极限(系统压力超过调定压力)时，开启溢流阀，进行过载保护，使系统压力不再增加(通常使溢流阀的调定压力比系统最高工作压力高10%～20%)。

4）单向阀：单向阀是液压系统中防止液体反向流动的装置。

单向阀有直通式(见图4-9)和直角式两种。

5）节流阀：用改变通道的过流面积或长度来控制流体流量的阀。

节流阀和单向阀并联则可组合成单向节流阀。节流阀和单向节流阀是简易的流量控制阀，在定量泵液压系统中，节流阀和溢流阀配合，可组成三种节流调速系统，即进油路节流调速系统、回油路节流调速系统和旁路节流调速系统。节流阀没有流量负反馈功能，不能补偿由负载变化所造成的速度不稳定，一般仅用于负载变化不大或对速度稳定性要求不高的场合。

图4-9　直通式单向阀

6）换向阀：连通或控制流体流动方向的阀。

换向阀是具有两种以上流动形式和两个以上油口的方向控制阀，是实现液压油流的沟通、切断和换向以及压力卸载和顺序动作控制的阀门。可分为手动换向阀、电磁换向阀、电液换向阀等。

7）插装阀：工作件装在阀套并一起装于阀体中，其油口与阀体油口吻合。

液压系统过去使用滑阀控制，现在多采用插装阀控制。插装阀具有通油能力大、流阻损失小、密封好、泄漏少、阀芯动作响应灵敏、系统效率高、可靠性好、冲击小、噪声低、便于维修和排除故障等特点，因此插装阀集成系统在液压机上得到了广泛的应用。

4.5.2　液压机的传动方式

液压机的传动方式分为泵直接传动和泵-蓄势器传动两种。

1. 泵直接传动

泵直接传动是由泵将高压液体直接供给液压机的工作缸及其辅助装置(见图4-8)通过一个三位四通滑阀，即换向阀3来实现各种行程。

（1）充液行程　换向阀3处于直通位置，活塞缸5的下腔通向低压油箱。当滑块从上停止位置靠自重下降时，活塞缸下腔液体排回油箱，泵供给的工作液体经换向阀3通入活塞缸上腔，由于此时滑块的运动阻力很小，故泵在低压下工作，主要是将工作液体输往活塞缸上腔，以补充由于滑块下行时活塞缸上腔所空出的容积。当上模接触工件时，充液行程完成。

（2）工作行程　换向阀3此时仍然处于直通位置。当上模接触工件后，阻力增大，滑块下行速度减慢，泵的出口压力随之增高，高压液体进入活塞缸上腔并作用于活塞上，通过滑块对工件进行压力加工，同时活塞缸下腔的液体继续排回油箱。

（3）回程　换向阀3换到交叉相通位置。高压液体进入活塞缸下腔，带动滑块上行，活塞缸上腔的液体排回油箱。

（4）停止　换向阀3处于中间位置，活塞缸上下腔内的液体均被封闭于缸内，下腔的液体支撑运动部分的重量可停于任意所需的位置。

2. 泵-蓄势器传动

泵-蓄势器传动是在液压系统中增加了蓄势器。蓄势器的主要作用是储存高压液体，使泵的负荷均匀化。它一般利用高压气体来保持工作液体的压力。在液压机不需要大量高压液体(如回程或停止)时，泵供出的高压液体可以部分或全部储存于蓄势器中，而当液压机需要大量高压液体时，则可由泵及蓄势器同时供给。

泵-蓄势器传动的液压控制系统原理简图如图4-10所示，它通过一个摇杆式四阀分配器来实现各种行程。

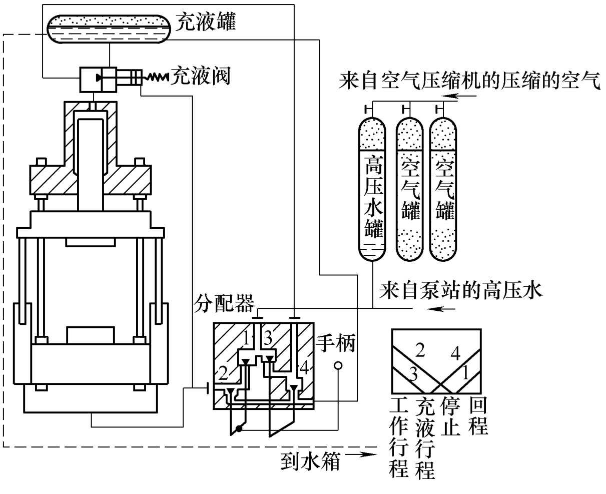


图4-10　泵-蓄势器传动的液压系统简图

1、3—进水阀　2、4—排水阀

（1）充液行程　工作循环开始时，回程缸排水阀2打开，滑块从上停止位

置靠自重下行，回程缸中的液体排回低压水箱或充液罐。工作缸内液体压力下降，由于充液罐上部充有一定压力的压缩空气，在工作缸和充液罐中液体压力差的作用下，充液阀被打开，充液罐内的液体在低压空气或重力作用下，大量流入工作缸内，实现滑块向下的充液行程，直到上、下模接触，滑块停止，工作缸和充液罐中的液体压力消失，充液阀在弹簧作用下自动关闭。为使充液行程平稳，在接近充液行程终点时，应降低回程缸排水阀的开启高度，使滑块减速，以减少撞击与振动。

（2）工作行程　充液行程结束后，充液阀完全关闭，回程缸仍然通低压。当工作缸进水阀 3 打开时，从高压泵或蓄势器来的高压液体，经充液阀进入工作缸并作用于柱塞上，通过滑块对工件进行压力加工。此时，回程缸排水阀 2 继续打开排液。

（3）回程　工作行程结束后，工作缸进水阀先关闭，工作缸排水阀 4 随之打开，卸掉工作缸和管道中高压液体的压力，回程缸排水阀 2 关闭，回程缸进水阀 1 打开，使回程缸和充液阀接力器通高压液体，强迫打开充液阀。滑块在回程缸高压液体作用下，向上作回程运动，迫使工作缸中大量液体排入充液罐。

（4）停止（悬空）　当滑块上行到停止位置，回程缸进水阀 1 关闭，此时回程缸的排水阀 2 仍处于关闭状态，而工作缸排水阀 4 继续打开，工作缸仍通低压，滑块由封闭在回程缸内的液体所支撑，所以滑块可以停在行程中的任意位置上。

4.5.3　传动方式的比较

1）在泵直接传动时，泵供给的液体压力随工件形状阻力而变化，是不恒定的，滑块的行程速度取决于泵的供液量，而与工件变形阻力无关。

2）泵-蓄势器传动时，泵和蓄势器供给液体的压力保持在蓄势器压力波动值范围内，波动范围为最高压力的 10% ~15%，工作行程的速度则随工件变形阻力的增加而减少。

思　　考

1. 液压机常用阀门有哪几种？作用分别是什么？
2. 液压机的传动方式有几种？
3. 为什么滑块能够悬空停止？
4. 蓄势器起什么作用？
5. 　分别代表什么阀？

4.6　通用液压机的液压控制系统怎样解读

图 4-11 所示为单动薄板冲压液压机的工作步骤示意图。

图 4-11a 为液压垫升起，托起模具的压边圈，冲压坯料定位；图 4-11b 为滑块从上限点

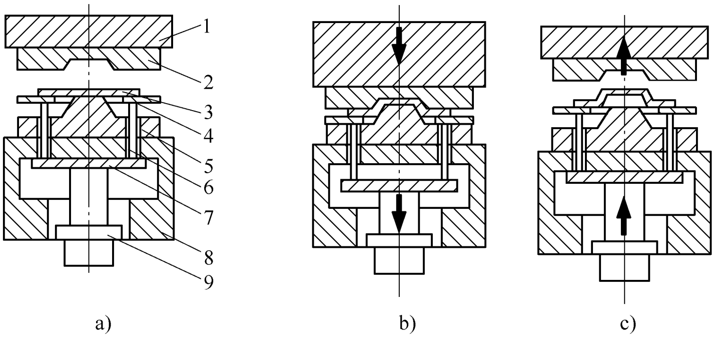


图 4-11　单动薄板冲压液压机的工作步骤

1—滑块　2—凹模　3—工件　4—压边圈　5—凸模　6—托杆　7—液压垫托板　8—工作台　9—液压垫缸

降落，上模压住位于下模的压边圈，并带动压边圈一起向下走，直到上、下模具完全合模，工件压制完毕；图 4-11c 为滑块上升，液压垫顶起压边圈，工件脱模，滑块回到上限点。

不同厂家生产的液压机，会有自己不同特点的设计方案。图 4-12 所示为某型号通用液压机的液压控制系统示例。此系统可提供的动作包括：

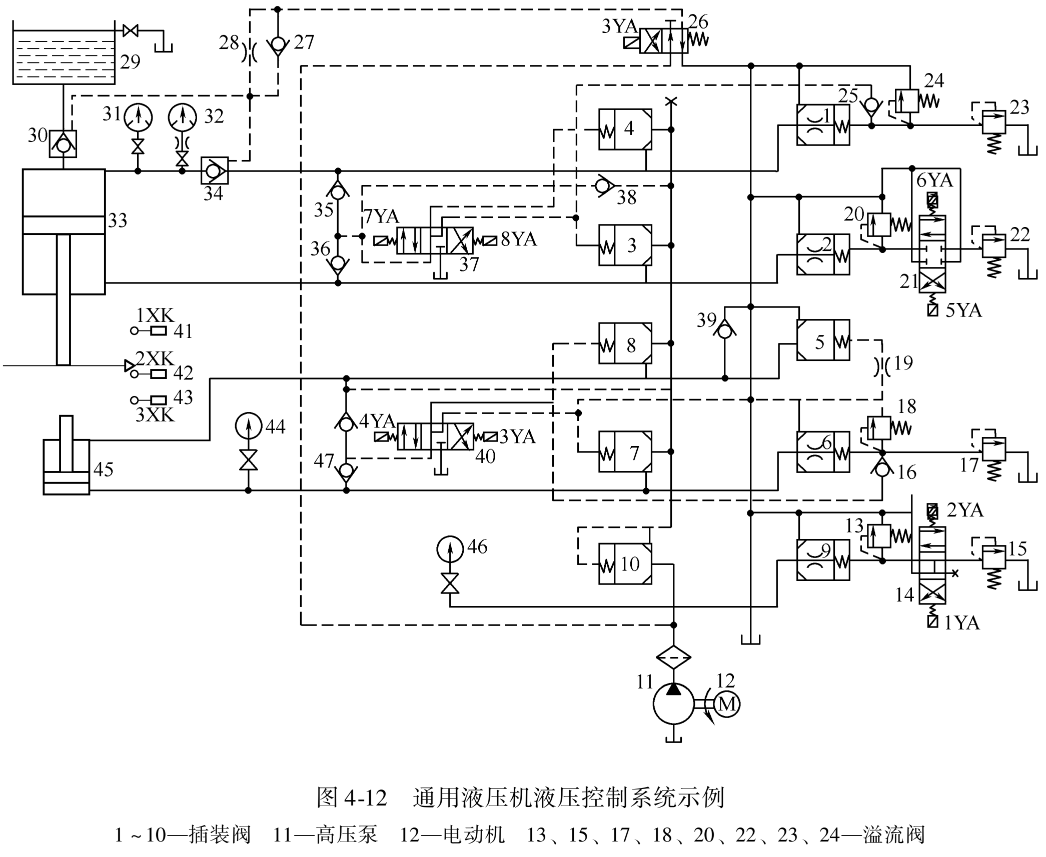


图 4-12　通用液压机液压控制系统示例

1 ~ 10—插装阀　11—高压泵　12—电动机　13、15、17、18、20、22、23、24—溢流阀　14、21、26、37、40—电磁换向阀　16、25、27、35、36、38、39、47—单向阀　19、28—节流阀　29—充液阀　30、34—液控单向阀　31、32—电接点压力表　33—主工作缸　41、42、43—行程开关　44、46—压力表　45—顶出缸

1）滑块空程快速下降。
2）滑块慢速下降。
3）加压。
4）保压。
5）卸压。
6）回程。
7）滑块停在上限点。
8）顶出缸（液压垫）顶出与退回。
9）定程成形。
10）压力调整及行程调整。

图4-12中的各插装阀控制功能见表4-4。

表4-4　插装阀的控制功能

插装阀类别	功　能	插装阀类别	功　能
插装阀1	主工作缸上腔排油	插装阀8	顶出缸上腔进油（退回）
插装阀4	主工作缸上腔进油	插装阀6	顶出缸下腔排油（退回）
插装阀2	主工作缸下腔排油	插装阀7	顶出缸下腔进油（顶出）
插装阀3	主工作缸下腔进油	插装阀9、10	高压泵的空循环或负载
插装阀5	顶出缸上腔排油（顶出）		

溢流阀13调至27.5MPa，为系统最大压力，起安全保护作用。

溢流阀15调至1.5～2.0 MPa，用于控制用油，即控制充液阀30及液控单向阀34的开启。

溢流阀22起支撑运动部分重量的作用，防止滑块因自重下降。

溢流阀23则用于控制主缸的最大工作压力。

行程开关1XK～3XK则依次控制行程上限点、滑块由快降转为慢降及行程下限点。

思　考

1. 液压机的基本动作要求有哪些？

2. 液压系统如何实现液压机滑块下降和上升的动作？

3. 溢流阀13在什么位置？起什么作用？

4.7　薄板冲压液压机有哪些精度要求

薄板冲压液压机的精度是液压机的核心检测指标，如果精度超标，意味着设备需要大修或报废。与液压机精度有关的机械行业标准有JB/T 7343—2010等，国家标准有GB 50272－2009等，可参考日本液压机的相关标准。

4.7.1　液压机的精度等级

液压机的精度按用途分为4个等级，见表4-5。以下主要讨论GB 50272－2009中冲压拉深液压机的设备安装精度。

表4-5　液压机的精度等级划分

精度等级	用　　途	型　　号	精度等级	用　　途	型　　号
特	要求特别高的精密冲压件	框架式	Ⅱ	较精密冲压件	柱式、框架式
Ⅰ	精密冲压件	框架式	Ⅲ	一般冲压件	柱式

注：该表摘自JB/T 7343—1994，虽然该标准已作废，但鉴于在用标准GB 50272—2009涉及的内容与其有关，故保留该表内容。

液压机的设备安装精度指标主要有以下几项：

1）液压机的安装水平。在工作台上纵、横向放置水平仪检测，其值均应不大于0.20/1000。

2）滑块下平面与工作台上平面的平行度。

3）滑块上下运动对工作台面的垂直度。

4）由偏心引起的滑块倾斜(控制导向面的间隙)。

4.7.2　液压机的精度如何测定

1. 滑块下平面与工作台上平面的平行度

1）检查点：左右及前后方向，对角线不必测量，如图4-13所示。

2）测量点：第一，最小开口高度；第二，最小开口高度向上的1/3行程附近处。

3）检查方法：在工作台上用支撑棒支撑在滑块下平面中心位置，百分表坐于工作台上的平尺上，按口字形测量滑块下平面对工作台上平面的平行度。最大读数差即为测定值。平尺长度大于500mm。测量时，导向板处需保持油膜充分润滑状态。

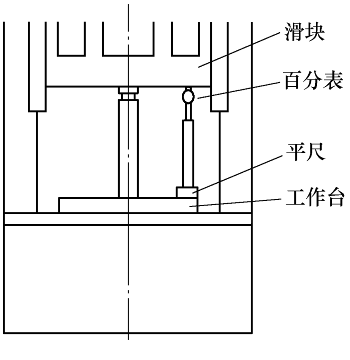
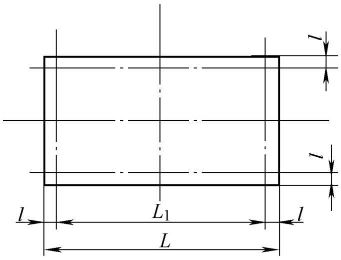


图4-13　平行度检测方法示意图

平行度检测位置如图4-14所示。



(单位：mm)

L	<1000	1000～2000	>2000
l	$0.1L$	100	150

图4-14　平行度检测位置图

注：1. 双动液压机分别检查内外滑块，检查内滑块支一根支撑棒，检查外滑块支两根支撑棒。
2. 支撑棒仅承受滑块自重　3. 平尺的精度不低于JB/T 7977—1999的一级精度。
4. 百分表的精度不低于GB 1219的一级精度。　5. L_1为测量范围，$L_1=L-2l$。

滑块下平面与工作台平行度允许偏差见表4-6。

表4-6　滑块下平面与工作台平行度允许偏差　　（单位：mm）

精度等级		特	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
工作台面纵、横向长度	≤1000	0.016 +0.05 L_1/1000 且不小于0.02	0.02 +0.06 L_1/1000 且不小于0.04	0.04 +0.09 L_1/1000 且不小于0.07	0.08 +0.12 L_1/1000 且不小于0.12
	>1000～2000	0.024 +0.06 L_1/1000 且不小于0.04	0.03 +0.08 L_1/1000 且不小于0.06	0.06 +0.12 L_1/1000 且不小于0.12	0.012 +0.17 L_1/1000 且不小于0.20
	>2000	0.03 +0.07 L_1/1000 且不小于0.08	0.04 +0.10 L_1/1000 且不小于0.12	0.15 +0.05 L_1/1000 且不小于0.20	0.16 +0.20 L_1/1000 且不小于0.32

注：1. ≤1000mm时，$L_1=0.8L$。
2. >1000～2000mm时，$L_1=L-200$mm。
3. >2000mm时，$L_1=L-300$mm。
4. L为工作台面纵、横向长度，L_1为工作台面纵、横向检测长度。

2. 滑块上下运动对工作台面的垂直度

1）检查位置：左右及前后方向。

2）检测方法：在工作台中心放一直角尺，使固定于滑块上的百分表触到直角尺上，当滑块上下运动时，读数最大差值即为测量值，如图4-15所示。

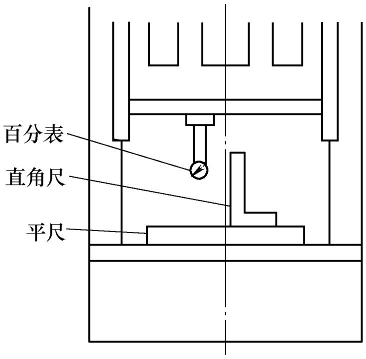


图4-15　垂直度检查方法示意图

注：1. 若为双动液压机，分别对内、外滑块进行测量。　2. 测量位置在滑块行程下极限前1/2处。
3. 导轨要保持油膜充分润滑状态。　4. 直角尺精度不低于GB/T 6092—2004的0级精度。

滑块移动对工作台垂直度的允许偏差见表4-7。

表4-7　滑块移动对工作台垂直度的允许偏差　　（单位：mm）

精度等级		特	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
工作台面纵、横向长度	≤1000	0.008 + 0.008S/100 且不小于0.016	0.01 + 0.015S/100 且不小于0.025	0.03 + 0.025S/100 且不小于0.050	0.09 + 0.03S/100 且不小于0.110
	>1000～2000	0.015 + 0.008S/100 且不小于0.020	0.02 + 0.015S/100 且不小于0.035	0.04 + 0.025S/100 且不小于0.065	0.1 + 0.03S/100 且不小于0.130
	>2000	0.025 + 0.008S/100 且不小于0.035	0.03 + 0.015S/100 且不小于0.050	0.05 + 0.025S/100 且不小于0.080	0.1 + 0.03S/100 且不小于0.140

注：S为滑块行程检测长度。

3. 由偏心引起的滑块下平面对工作台的倾斜

1）检查位置：左右及前后方向，如图4-16所示。

第一测量位：最小开口高度。

第二测量位：最小开口高度向上行程的1/3附近处。

2）检查方法：在工作台上用支撑棒（双动设备内滑块一根，外滑块两根）支撑在滑块下平面，用百分表测量滑块下平面到工作台上平面的距离，百分表最大读数差即为测量值，对角线不测量。滑块下平面对工作台面的偏心检测点如图4-17所示。

由偏心引起的滑块下平面对工作台的倾斜最小允许偏差见表4-8。

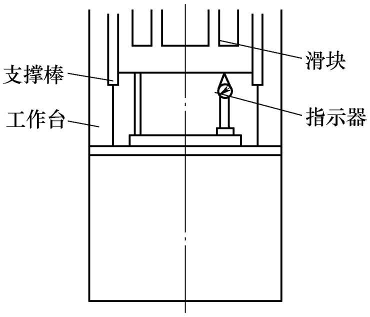


图4-16 由偏心引起的滑块下平面对工作台的倾斜检查方法示意图

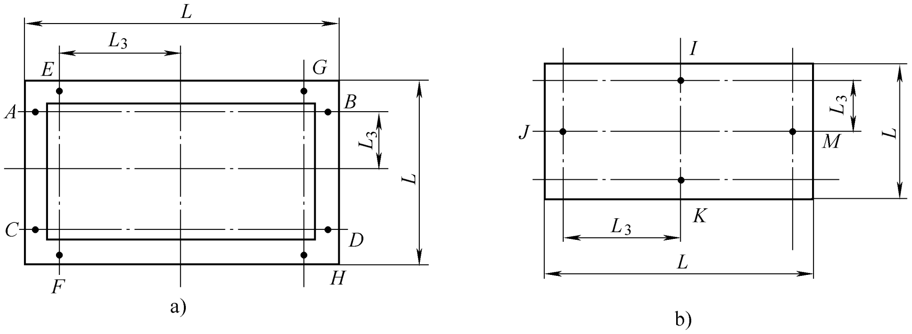


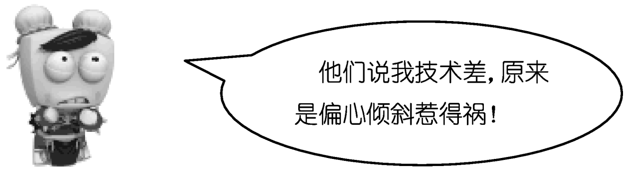
图4-17 滑块下平面对工作台面的偏心倾斜检测点

a）外滑块检测轨迹 b）内滑块检测轨迹

注：1. L_3为检测点与滑块中心的距离。 2. 若为双动液压机，内、外滑块分别测量。 3. 支撑棒长度任意选取，且支撑棒仅承受运动部分的自重，支撑位置取从中心起在滑块下平面长度的1/3处。 4. 测量轨迹：内滑块在*I*、*J*、*K*、*M*处，外滑块在*A-B*、*C-D*、*E-F*、*G-H*处。 5. 滑块导轨处于保持油膜充分润滑状态。

表4-8 由偏心引起的滑块下平面对工作台的倾斜的允许偏差 （单位：mm）

精度等级	允许偏差	精度等级	允许偏差
特、Ⅰ	$L_3/3000$	Ⅲ	$L_3/1000$
Ⅱ	$L_3/2000$		



4.7.3 日本液压机的精度标准（JIS B6403—1994）

1. 工作台上平面及滑块下平面的平面度（见表4-9）

表4-9 JIS B6403—1994平面度标准 （单位：mm）

精度等级	允许值	精度等级	允许值
特级	$0.010+0.02L_1/1000$	1级	$0.012+0.04L_1/1000$

（续）

精度等级	允许值	精度等级	允许值
2 级	0. $10L_1/1000$		

注：L_1 为检测有效长度。

2. 滑块下平面对工作台上平面的平行度（见表 4-10）

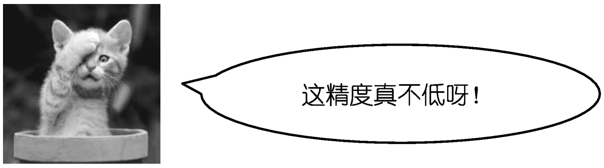
表 4-10　JIS B6403—1994 平行度标准　（单位：mm）

精度等级	工作台有效长度 L_2		
	<1000	1000～2000	>2000
特级	$0.016+0.05L_2/1000$	$0.024+0.06L_2/1000$	$0.030+0.07L_2/1000$
1 级	$0.020+0.06L_2/1000$	$0.030+0.08L_2/1000$	$0.040+0.10L_2/1000$
2 级	$0.04+0.09L_2/1000$	$0.060+0.12L_2/1000$	$0.080+0.15L_2/1000$

3. 滑块上下运动对工作台面的垂直度（见表 4-11）

表 4-11　JIS B6403—1994 垂直度标准　（单位：mm）

精度等级	工作台有效长度 L_3		
	<1000	1000～2000	>2000
特级	$0.008+0.008L_3/100$	$0.015+0.008L_3/100$	$0.025+0.008L_3/100$
1 级	$0.010+0.015L_3/100$	$0.020+0.015L_3/100$	$0.030+0.015L_3/100$
2 级	$0.030+0.025L_3/1000$	$0.040+0.025L_3/100$	$0.050+0.025L_3/100$



4. 由偏心引起的滑块倾斜（控制导向面的间隙）（见表 4-12）

表 4-12　JIS B6403—1994 偏心引起的滑块下平面对工作台的倾斜允许值（单位：mm）

精度等级	允许偏差	精度等级	允许偏差
特级、1 级	$L_4/3000$	2 级	$L_4/2000$

注：L_4 为检测有效长度

除了上述的精度检测，用户还可以根据需要自定精度检测项目，如检测气垫托板与工作台上平面的平行度等。

思　　考

1. 液压机精度有哪几项衡量指标？
2. 精度测量与工作台大小有没有关系？
3. 精度测量是否应该在工作台或滑块的四个边角处测量？
4. 我国的行业标准和日本 JIS 标准有什么区别？

4. 8　液压机的主要参数有哪些

液压机的工艺参数有以下几项内容(以单动薄板冲压液压机为主):

1) 公称力：指液压机的最大工作压力，在数值上等于液体最大压力和工作柱塞总工作面积的乘积(取整数)。

设备承受的集中载荷要受承力面积的限制(见表 4-13 示例)，在设计时，一般是按负荷均匀分布在工作台中间并占工作台面积的 60% 来计算，因此超限或者偏心都会对设备产生不良影响。解决此类问题只有选择公称力较大的设备。

表 4-13　滑块 12000kN/液压垫 4500kN 单动薄板液压机承载与设备使用面积关系示例

滑块承受集中载荷/kN	液压垫承受集中载荷/kN	接触面积/mm
<5000	—	1400×850
≥5000~8000	—	2200×1400
≥8000~12000	—	3200×2000
—	4500	2640×1340

2) 最大开口高度 H：指滑块停在上限位置时从工作台上表面到滑块下表面的距离，如图 4-18 所示。

最大开口高度应以所使用的模具中最高的模具能够正常进出料以及擦拭、维修模具的空间来决定。

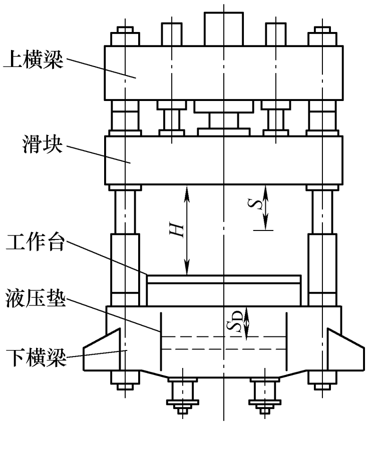
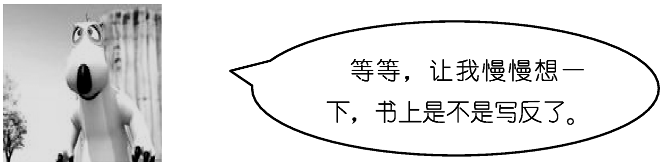


图 4-18　单动冲压液压机简图

3) 最大行程 S：指滑块在最大上限点和下限点之间的距离。

最大行程的确定取决于在设备上用于冲压的高度最低的模具，即在开口高度确定后，滑块能够向下移动的最大距离，这个距离要使高度最低的模具能够装模、冲压。



最大行程直接影响工作缸、回程缸柱塞的长度及整机的高度。

4）液压垫压力：液压垫能够施加的最大压力。

液压垫主要用于单动模具，如单动拉深模、单动成形模等。液压垫的压力主要取决于拉深件的大小和形状及拉深材料的厚度和材质。

5）液压垫行程：液压垫能够升起的高度。

液压垫行程与拉深件的拉深深度和模具的结构有关。一般来说，液压垫的行程要满足最大的模具托杆升起的高度尺寸(见图 4-19)。图中的“上高”为托杆未升起时凸模的上高点与压边圈上平面的高差，“下高”为模板下平面到压边圈下平面的高差。

托杆升起高度尺寸 = 模具下高 + 模具上高

图 4-19　模具托杆升起高度示意图

6）工作台尺寸(长 × 宽)/液压垫尺寸(长 × 宽)：工作台尺寸标示最好用有效尺寸，因为工作台常常被接油盒占去一部分空间。工作台尺寸既与最大模具尺寸密切相关，也和单动液压机的液压垫大小、范围有关。设备液压垫的工作范围要大于拉深模托杆的分布范围，准确地说，设备的边界托杆孔要能够包容模具的边界托杆孔，并在此基础上工作台尺寸每边再各增加 300mm 以上的宽度(此值要与设备生产厂协商)。工作台左右边因为经常要临时放冲压件、工具等物品，因此要留一定的操作空间。图 4-20 所示为托杆孔实物图。

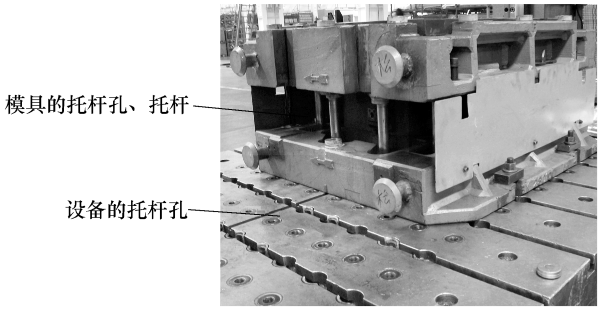
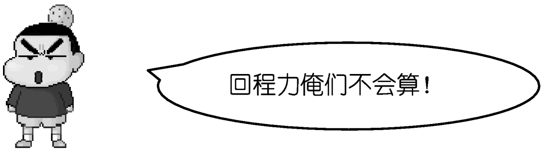


图 4-20　托杆孔实例

7）回程力：使滑块回到上限点的力。

回程力包含了滑块重量，模具重量，拔模力、工作缸排液阻力、各缸密封处摩擦力等。回程力由高压液体推动活塞缸下腔的环形面或单独设置的回程缸来实现。购买液压机时我们只需向设备制造厂家提供上模的重量即可。



8）滑块空程下降速度。

9）滑块工作速度：即上下模合模，压制冲压件时的速度。此速度由压制零件的特点来决定，切边、整形类冲压速度可快些，拉深件的冲压速度要相对较慢。

10）滑块回程速度。

滑块回程速度可以要求较快，以提高生产率，但回程速度加快，消耗的功率也大大增加。

11）滑块力分级：通过调节同时使用的缸的数量，可实现滑块压力的分级。大型液压机根据缸的数量可分为 2 档或 3 档。

12）缓冲力：指缓冲垫的缓冲力。

液压机除了拉深外，在进行切边时，要对冲裁力引起的振动进行缓冲。

缓冲力的大小与使用模具的最大切边力有关。

13）缓冲行程/缓冲区间：

缓冲行程：指缓冲垫的保护距离，即从冲裁开始到冲裁结束的缓冲距离。对阶梯冲裁的模具，缓冲行程相对要较大。

缓冲区间：利用缓冲来保护模具的高度范围。

设备的缓冲区间因结构限制一般不超过 600mm，因此缓冲的位置要尽量从作业高度最小的冲裁模具为起始点。如果模具的缓冲位置大于此缓冲范围，可通过在缓冲缸上加垫块来解决，但如果缓冲垫设在机顶上，就不易调节了。设在下部的缓冲垫实例如图 4-21 所示，箭头指缓冲缸接触面。

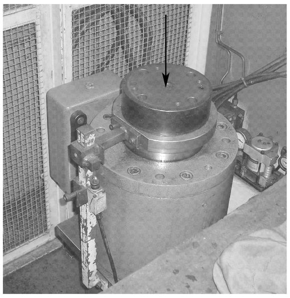


图 4-21 缓冲垫下部实例

14）允许最大偏心距：工件变形阻力接近设备公称力时所允许的最大偏心力。

一个设备所允许的偏心值是限定在一定范围内的，比如有的设备在公称力作用下，最大允许偏心值为 125mm。如果所用的模具冲压偏心距离和偏心力较大，就要选择公称力相对较大的设备。

15）设备的精度要求：此项要求一般写入技术协议，也可写入购买设备的参数表内。

精度要求一类是关于滑块与工作台的平行度、垂直度等要求，国家行业标准分为特级、Ⅰ级、Ⅱ级。一般用于复杂拉深的液压机，精度要求在Ⅰ级以内。

精度要求另一类是关于设备在承受公称力时，机身刚性及滑块、工作台的刚性要求。比如机身刚度为 1/6000，滑块、工作台的刚度为 1/8000。刚度分析可以借助于 PRO/E 等分析软件进行，如图 4-22 和图 4-23 所示。

表 4-14 为某设备工艺参数的示例。若还有其他要求，一般写入设备采购技术协议。

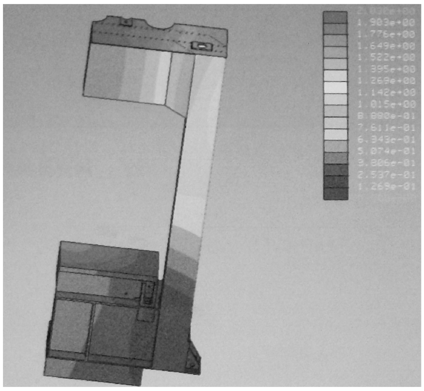


图 4-22 变形结果分析图

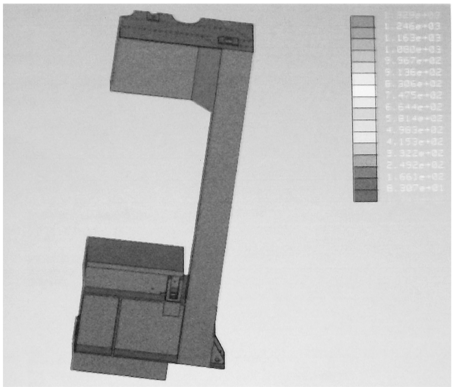


图 4-23 应力分析结果图

表 4-14 设备参数示例

序号	项　　目	规格及参数	序号	项　　目	规格及参数
1	结构形式	框架式单动薄板冲压液压机	12	滑块压制速度/(mm/s)	25～40 范围内可调
			13	液压垫快速上升速度/(mm/s)	80～100
2	公称力/kN	8000	14	液压垫慢速上升速度/(mm/s)	6～10
3	回程力/kN	800	15	移动工作台承重/kg	25000
4	液压垫力/kN	3000	16	工作台高度/mm	660
5	工作台及滑块底面有效尺寸/mm	3500×1800	17	上模重量/kg	8000
			18	工作台移动方式	右侧移出
6	液压垫托杆有效范围/mm	3000×1200	19	缓冲有效作用范围/mm	600-1100
7	滑块行程/mm	1200	20	缓冲器调节行程/mm	500
8	最大开口尺寸/mm	1800	21	缓冲垫压力/kg	4000
9	液压垫行程/mm	450	22	缓冲垫调节方式	电动
10	滑块快速下降速度/(mm/s)	≥450	23	精度等级(JB/T 7343－2010)	Ⅰ级
11	滑块回程速度/(mm/s)	≥400			

4.9　液压机有怎样的操作流程

1. 液压机工作模式的设定

液压机有两种工作模式：定压和定程。

定压：设定了滑块的压力后，液压机在压制过程中，当滑块的压力达到设定的压力值时，滑块即停止向下运动。

定程：预设定滑块的下限点，当滑块下行到设定位置时，即自动停止。

由于液压机的结构和工作原理与机械压力机不同，定程的设定点往往与滑块实际到达的位置有一定的误差，因此液压机实际工作时，用定压方式比较多，定程一般用于特定的场合，如模具修理时对刃口等。

2. 液压机可以实现的动作

1）调整，又称“点动”：操作相应的动作按钮，按一下，动作一下，停止按动按钮，动作停止。

2）单次，又称“半自动”：采用双手按钮，同时按动，完成一次工艺循环。

3）连续，又称“全自动”：采用双手按钮，实现设备的连续动作。

3. 液压机可以实现的工艺方式

1）一般工艺：有带液压垫顶起和液压垫不动两种方式。

2）拉深工艺：有单段模式和多段模式两种选择方式。多段模式即对拉深过程的速度和压力作多段变化，一般用在特殊的场合。

3）冲裁工艺：有带液压垫顶起和液压垫不动两种方式，冲裁工艺要设缓冲垫的工作位置和压力。

4. 液压机操作流程（见图 4-24）

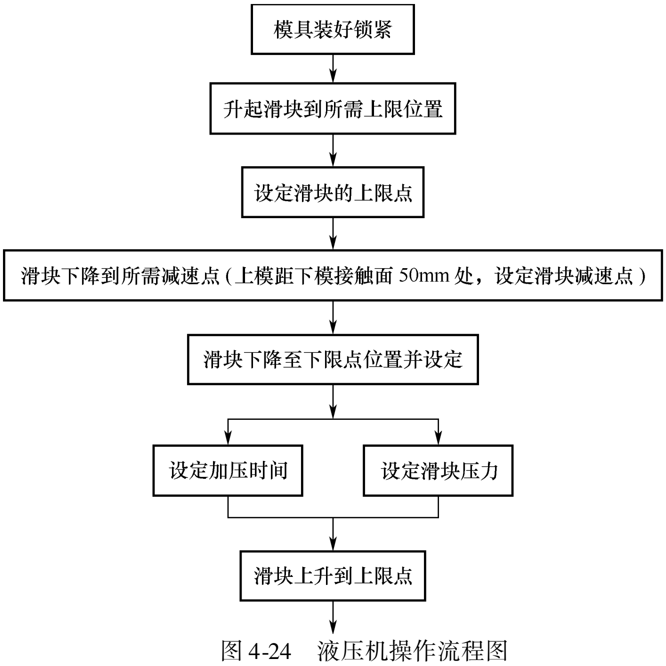


图 4-24　液压机操作流程图

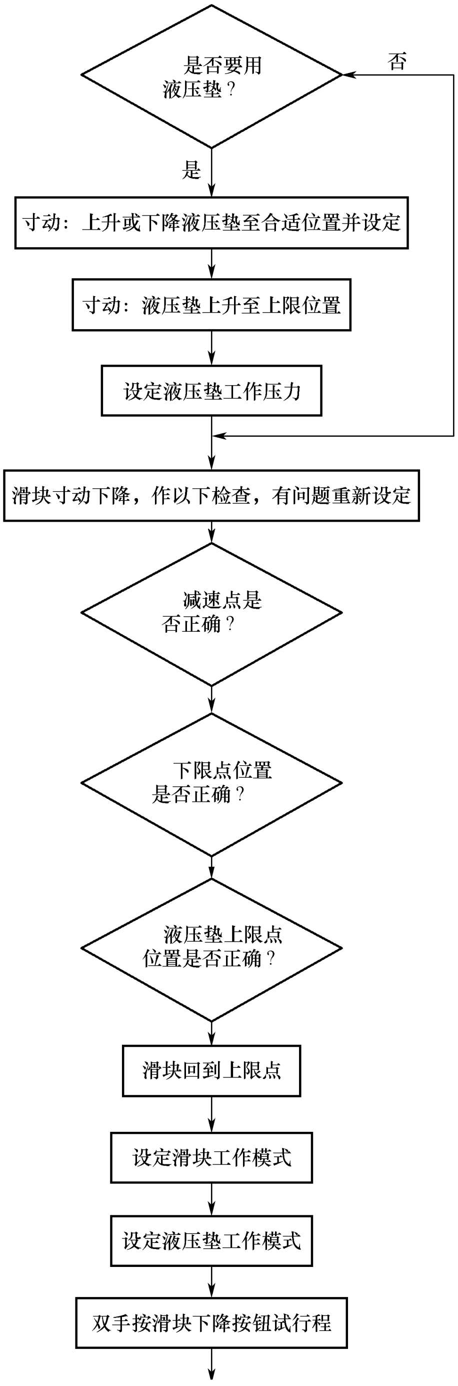


图 4-24　液压机操作流程图(续)

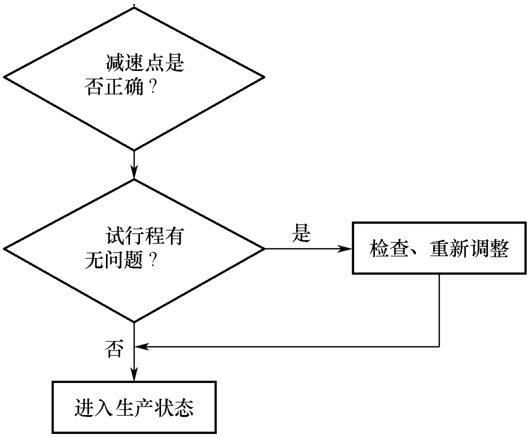


图 4-24　液压机操作流程图(续)

思　　考

1. 滑块的减速点宜在什么阶段设置？
2. 液压垫有无减速点？
3. 设定完滑块的压力位置点，是否就可以直接进入生产？
4. 冲裁与拉深在参数设置上有什么不同？

4.10　液压机触摸屏有哪些功能

触摸屏是一个实现设备数据调节自动化的装置，比如从触摸屏上调出一套模具，其预存在屏上的设备参数便可以实现自动调整到位。目前设备上配置触摸屏已成为一种趋势。

不同的设备生产厂或用户对触摸屏的功能设定和操作步骤会有很大的不同，这里仅为一示例。

4.10.1　零件和模具的储存及调用

1. 零件及模具号的储存

触摸屏可以储存几十到几百套模具的资料，其储存量的大小除了与触摸屏的型号有关，还与触摸屏的程序设计有关。因此为了尽可能多地储存一些模具资料，有些操作过程或储存形式需要简化。

模具的储存形式有两种：一种是为了便于自动化生产线的识别，模具号以字母和阿拉伯数字的形式来表示，对此需要额外做一个字母和数字与模具的对照表；另一种是直接采用模具自身的代号。

触摸屏在储存很多模具号的情况下，为了便于迅速查找，需要按模具号的特点来分类，现以汽车行业为例介绍触摸屏上模具的查找方法。图 4-25 所示为模具查找示意图，图 4-26 和图 4-27 所示为触摸屏上零件号和模具号(工序)选择示例。

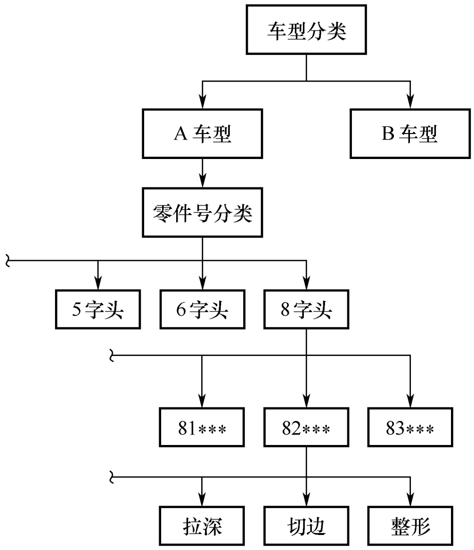
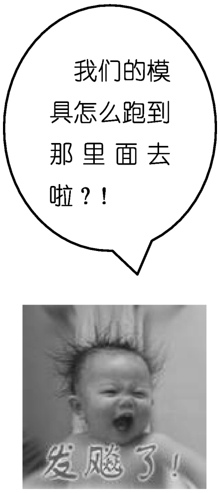


图 4-25　模具查找示意图



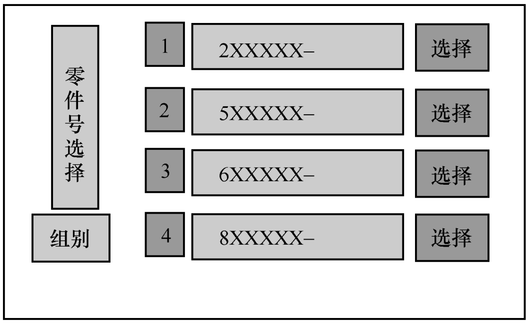


图 4-26　触摸屏零件号选择示例

触摸屏可以直接输入阿拉伯数字及英文字母，但不能输入中文，中文是在编程时输入的，在屏上只能有选择和确认的功能。因此如果需要直接在触摸屏上输入模具(工序)名称，就要采用以阿拉伯数字和英文字母表示的形式。

如某零件号后段为 60201，工序号为 2 序(或称为 2/3 序)，模具名称为切边(英文代号为 TR)，按照触摸屏的限制及要求，可写为：60201-2/3-TR。常用冲

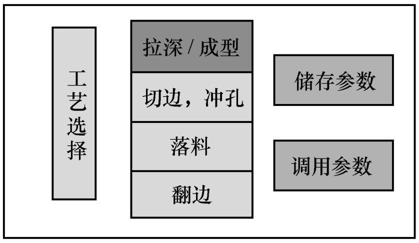


图 4-27　触摸屏模具号(工序)选择示例

压工序的英文代号见表 4-15。

图 4-15　常用冲压工序英文代号

冲压工序内容	英文代号	冲压工序内容	英文代号	冲压工序内容	英文代号	冲压工序内容	英文代号
落料	BL	拉深	DR	分离	SEP	整形	RST
冲孔	PRC	成形	FO	侧冲	CAM	翻边	FL
切边	TR	弯曲	BE	切断	CUT	翻孔	BUR

另外，触摸屏对所输入的字符数也是有一定限制的，并要求对已输入的字符能够修改。

2. 模具号相应的参数储存及调用

模具在储存时，需将相应的设备工艺参数一并储存。这样模具在调出时，储存的工艺参数便可同时调出。触摸屏要能够允许工艺参数的修改及重新储存。

4.10.2　触摸屏设备参数的设定

触摸屏上设备的参数如图 4-28 所示。冲压时要决定的设备工艺参数有以下几项：

图 4-28　触摸屏设备参数设定实例

1）滑块的上限点，即“回程停止”。

2）滑块的下行减速点，即“下行减速”。

3）滑块的下限点，即“下行停止”。在定程状态下，该点为实际下限点；在定压状态下，该点的设定按滑块与下模刚接触时的位置来定。实际上滑块位置一直到下行压力达到压力设定值时为止。

4）滑块回程加速点，即“回程加速”。

5）滑块回程减速点，即“回程减速”。

6）液压垫升起高度(有的设备是从上向下计算)，即“建压点”。

7）液压垫顶出减速。为了减少液压垫顶起时的冲击，需设液压垫减速点，即“顶出减速”。

8）液压垫回程减速。设定此值是为了减少对设备的冲撞，即“退回减速”。

9）液压垫回位落下，即“退回停止”。

10）为防止液压垫升起时失控撞上工作台，要设定“顶出限位”点。

11）缓冲垫缓冲位置。缓冲垫是液压机切边时用来抵抗振动力的。缓冲垫起作用的点要在冲裁刚开始的时候，甚至是略提前一点(可以在试冲时决定)，以保证缓冲垫及时加压，达到最好的缓冲效果。该点即为“缓冲自动定位点”。

12）“加压时间”：指滑块在下限点工作的加压时间，也叫保压时间。加压时间的长短和压制零件的特点有关，加压时间长一是为了让工件能够彻底压到位，二是防止工件的反弹。如果不涉及这两个问题，加压时间可以适当缩短，以提高生产率。

13）“顶停时间”：指液压垫滞后滑块上升的时间。设定顶停时间是为了便于工件较好地脱模，某种情况下，甚至是保证工件质量的决定性因素。

当模具被调用时，相关的设备工艺参数都可被相应调出。

4.10.3 触摸屏的其他功能

1. 屏幕上内容相互转换的功能

一幅屏上可以有多个图形按钮，点击即可进入，达到信息的相通。

图形按钮可以根据用户的需要而设定，因此用户可以事先对触摸屏上的图形按钮的设置作一策划，然后与设备生产厂商讨是否能够实现。触摸屏的功能设计的好，会给日后的生产操作带来很大的方便。

2. 液压机状态监控功能

触摸屏对液压机状态监控的功能包括：

1）工作状态过程监控，包括实时的滑块和液压垫的位置、压力状态、每个动作的运行时间、生产数量等，如图4-29所示。

图4-29 液压机触摸屏的工作窗口示例

2）系统出现异常报警。

3）显示系统当前的运行状况，如图 4-30 所示。

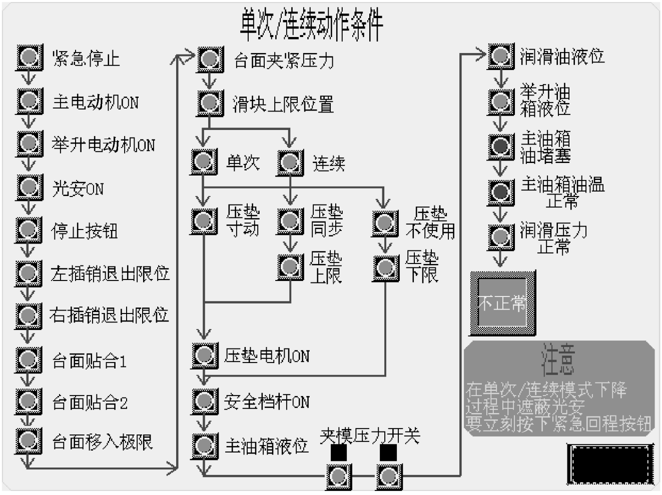
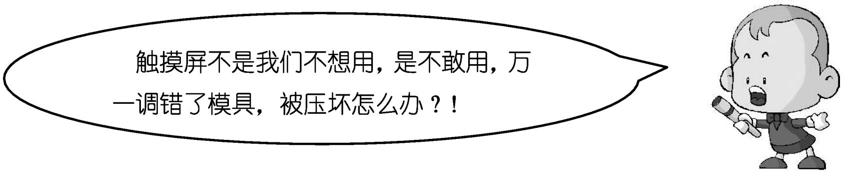


图 4-30　系统当前的运行状况

4.10.4　触摸屏的安全功能



为了保证设备和人身的安全，液压机配备有压力传感器，如果使用触摸屏出现了误操作（如调错模具），在装模、调模时超过了设定的压力，系统会自动停止。

思　　考

1. 触摸屏目前是不是有搜索功能？
2. 触摸屏对输入的字符数有没有限制？
3. 触摸屏可以实现储存的设备参数自动调整吗？
4. 触摸屏储存模具的数量有没有限制？

第 5 章　冲压用其他设备

5.1　开卷线的组成

开卷线是对金属卷料进行开卷、校平、剪切、堆垛的组合加工设备，由上料台车、开卷机、引料机、粗校机、测量装置、剪板机、精校机、堆垛机、夹送辊道和活套装置等单机组成。

开卷线按开卷产品状态，可分为以下几种类型：

1）开卷校平剪切自动线(将卷料横切成平整的板料)。

2）开卷校平纵剪自动线(将宽卷料纵切成两条或多条的窄卷料)。

3）开卷校平落料线(在开卷线终端设置剪切压力机,将卷料校平后直接剪切成用户需要的形状)。

4）其他特殊规格(如斜剪)的开卷校平送料线。

开卷线是一系列设备的组合，图 5-1 所示是开卷落料自动线的一个示例。

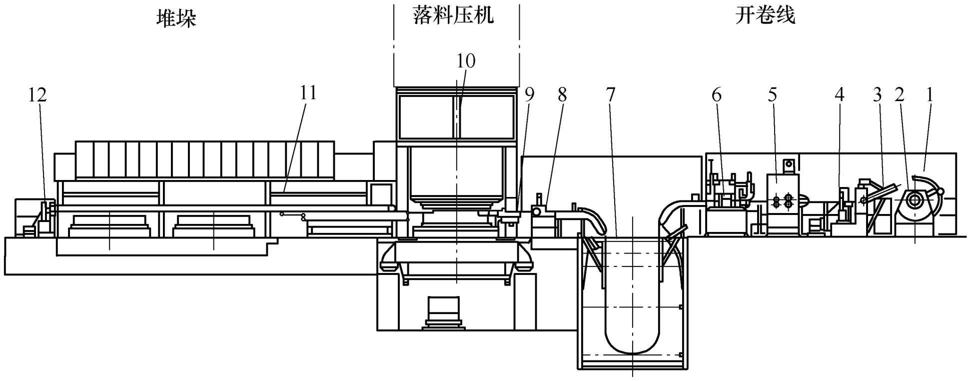
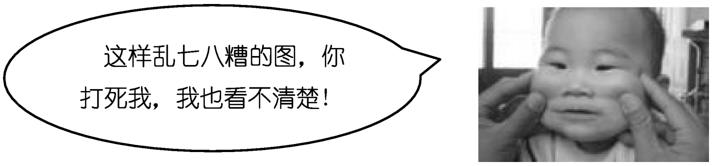


图 5-1　开卷落料线示例

1—上料台车　2—开卷机　3—穿带装置　4、12—切头剪板机　5—清洗机

6—矫直机　7—活套　8—喂料辊　9—尾料送料辊　10—落料压力机　11—堆垛机



开卷线各组成部分的主要用途如下：

1）上料台车：卷料放在可升降的上料台车上，移至开卷机处，再将卷料的卷芯套在开卷机的芯轴上，如图 5-2 所示。

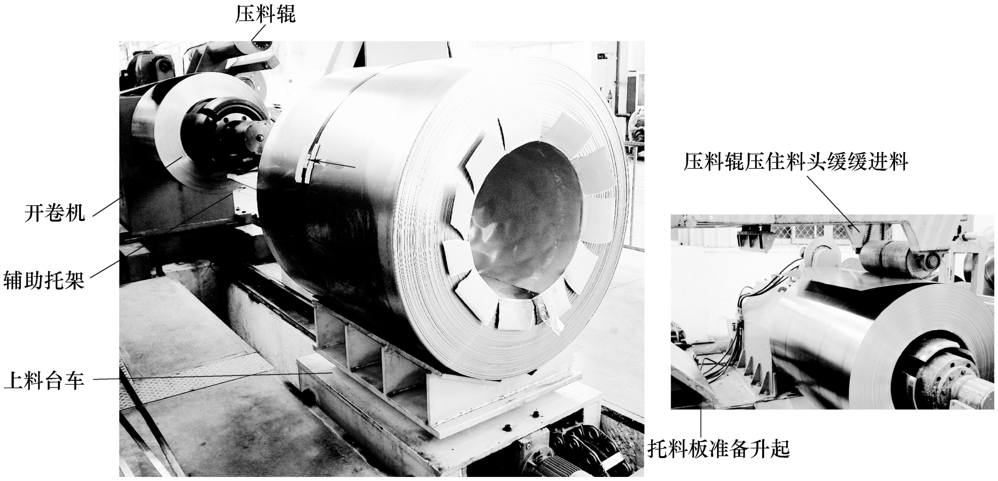


图 5-2　开卷准备装置

2）开卷机：将套在可来回旋转的芯轴上的卷料经过可升降的辅助托架送入引料装置。开卷机上设有防止料头和料尾松脱的压料装置。

需要注意的是，在开卷机压料辊压住料头后才能把卷料的捆包带剪开。

3）穿带装置：将卷料引入校平辊的装置。在引料的过程中，可以根据需要对材料进行粗校平（粗校机）、剪料头和料尾（剪板机）及清洗（清洗机），然后再将材料引入校平机，如图 5-3 所示（图中无材料清洗机）。

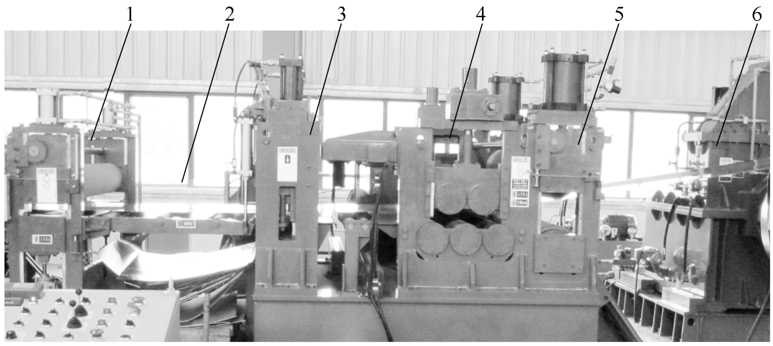


图 5-3　开卷穿带系统

1—精校引料辊　2—翻转台　3—料头剪板机　4—粗校机　5—粗校引料辊　6—开卷机

引料时，引料装置和校平机同步运转。在材料引入精校机后，开卷穿带系统的工作就暂时告一段落。

俺说怎么左看、右看，那几个引料辊都抬得高高的没压着料，还以为坏了呢！

4）材料定位装置：为防止卷料跑偏以致影响尺寸精度的装置。

定位装置有两种类型，一种是简易的滚轮式可调定位，另一种是激光检测对中装置，如

图 5-4 所示。

定位装置一般设置在引料辊之后、料头剪板机之前。

5）料头剪板机：如果对材料的表面质量要求较高，一般要在引料装置后面装设一个小剪板机，专门剪切翘曲变形、生锈或污染的料头，以免损伤精度很高的校平机的校平辊。

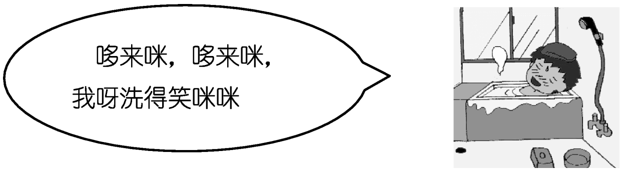
6）清洗涂油机：清洗涂油机是对材料进行清洗涂油的机械。外观有严格要求的冲压件，如汽车的车身外覆盖件，对材料的表面质量要求很高，尤其是冲压自动线所用的材料，不能有一点杂质，如果卷料本身的表面质量不好，就需要对其进行清洗涂油。也有的清洗涂油设备设在冲压自动线的线端位置，或开卷线和冲压自动生产线的线端位置两处都设。

图 5-4　激光对中装置

清洗涂油的过程，是利用引入辊将板料均匀地送入清洗区，通过集束喷管用清洗介质对板料整个宽度上的上下两面进行冲洗，然后通过一对相叠的刷辊刷洗黏附板料上的杂质，再经过清洗将杂质冲洗掉，经过挤干辊挤干，最后涂上所需的油膜。

清洗的材料设有稳定性很高的导向装置，保证板料不跑偏。

挤干辊若采用进口的无纺布层压布辊，不但能够保证清洗涂油的质量，还可以防止擦伤。



7）校平机。卷料由弯曲状变为平直的板料，就是通过校平机来完成的。校平机是开卷线的核心设备，而校平辊又是校平机的核心部件，如图 5-5 所示。

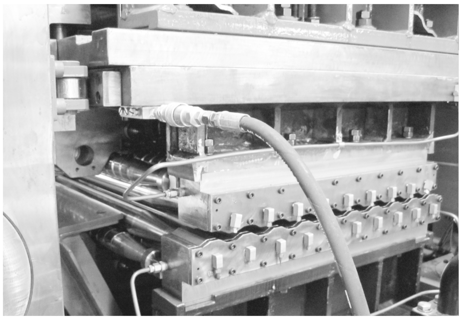


图 5-5　校平机示例

校平机由多个校平辊组成。其工作原理是对弯曲变形的板料施加交变载荷，使其产生正反方向的多次弯曲，材料的屈服极限逐渐降低，板料原有的变形逐渐减小或消失。

需要注意的是，为了避免损伤校平辊的表面状态和直线度，有褶皱、锈迹或杂质的材料严禁送入校平机进行校平。

材料入料端校平辊的上下间隙要小于料厚，出料端校平辊的上下间隙要等于或小于料厚。材料的强度和料厚不同、校平辊的直径不同，校平辊的间隙设置也不同。

校平辊的间隙调整规律是：

① 材料的屈服强度越大、塑性越低，校平辊的入料间隙越小，即压下量越大。

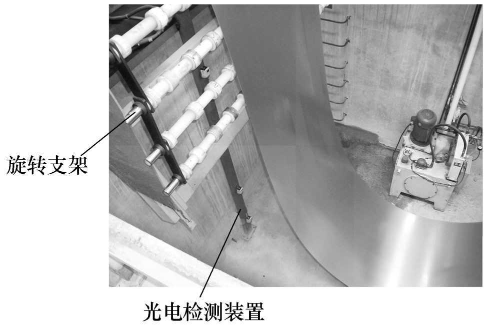
② 同样屈服强度的材料越薄，校平辊的入料间隙越小，即压下量越大。

如牌号 DC01，料厚为 0.8mm 的材料，入料间隙为-1.80mm，出料间隙为 0.6mm；料厚为 0.6mm 的材料，入料间隙为-1.95mm，出料间隙为 0.5mm。

实际生产中，校平辊的间隙要根据材料的状态再进行调节。如果材料不够平整，校平辊的入料间隙就应再调小一点。但间隙过小会在材料表面出现辊印或使得材料弯翘，甚至会造成校平辊超载和弯曲，因此校平辊的间隙不能无限制地调小，其最小值为上下两校平辊贴合后再加一个料厚。

8）活套。将待校平的卷料放在储料坑里，通过光电控制系统控制卷料的进给量，以满足间歇剪切和连续式校平的需要，如图 5-6 所示。

活套的工作原理：在储料坑的侧壁安装数对光电控制装置，如果校平速度低于卷料进给的平均速度，位于下面的光电装置检测不到材料，就会发出信号，使校平机加快校平速度。如果调整环内的储料减小到小于最上限，则光电传感器发出信号，使送料辊停止。如果校平速度调整后大于平均速度，光电传感器就会发出信号，降低校平速度。若降低速度后调整环内的储料仍然增多，并超过最低限位，则光电传感器就会发出信号，使校平机暂停工作。



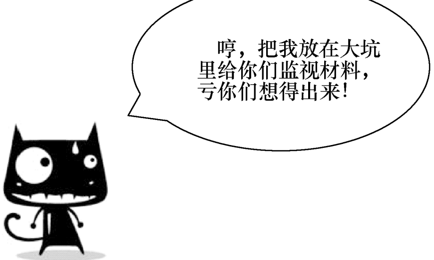


图 5-6 活套的光电检测装置

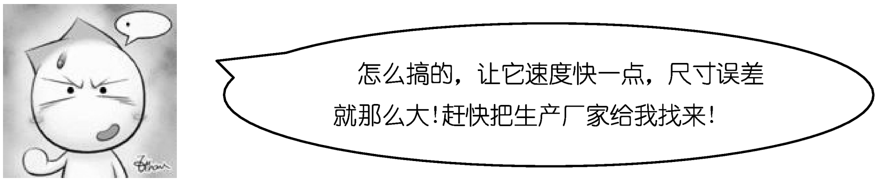
为方便卷料的进出，在活套两侧设有旋转支架(见图 5-6)。当料头和料尾通过储料坑位置时，旋转支架抬起，供料头和料尾通过。

不是所有的开卷线都需要活套装置，有的开卷线的剪切板采用飞剪机构，上下剪刃在完成相对分合运动的同时，还沿板料的运动方向运动，这样整条线的开卷材料始终按一个速度运行，不用采用活套装置储存材料，并可以避免因采用伺服送料机构速度发生变化而产生的误差。

9）伺服送料系统。按所要剪切的材料长度为剪板机输送材料的机构。

伺服送料系统是由伺服电动机驱动送料辊进给卷料。上送料辊的升降与压紧力由气缸控制，另设有防退装置，以防止断电时卷料因自重而滑落至地坑内。为提高寿命，送料辊表面采用镀硬铬处理。在上下送料辊中间均加有两对支承辊，以提高辊子的刚度，并保证两辊各处的平行度，从而保证送料精度。

送料辊与伺服电动机之间采用低齿隙减速机传动，减速机的齿轮为磨削加工，以保证传动链的传动间隙尽可能的小，提高送料精度。



需要注意的是，有的开卷线在开卷速度和送料精度上会产生矛盾，以致不能满足规定的要求，因此在选择生产厂家时要特别注意。另外，送料辊的压力大小要根据材料的厚度作相应调整，否则有可能会在材料上留下压印。

10）高速剪板机。高速剪板机的作用是对开卷材料按照要求的尺寸进行剪切。剪切刃口的间隙可以通过切削刃间隙快速调整系统来确定。

剪板机分液压式和机械式。开卷线上一般采用机械式剪板机，以满足高速剪切的要求。

剪切好的材料最后要进行堆垛。为了防止上片料的毛刺划伤下片料，最好使剪切材料料端的毛刺向上，这就要求剪板机的动力部分安装在下面，剪板时上刃口不动，下刃口向上剪切。

如果要剪切长度为 50mm 左右的窄料，剪板机的出料侧需要与皮带输送机无缝连接，以免剪切好的窄料从剪板机的出料侧与皮带输送机的缝隙中掉落。剪板机的后面设有一块镶滑轮的连接板，如图 5-7 所示。

图 5-7　剪板机出料

11）皮带输送机。是将前面剪下的板料输送到码垛装置的设备。在皮带输送机的末端设有压辊，可防止材料移动。对于采用短料台的开卷线，皮带输送机可设置成前后两个，当中间的短料台不用降下时，后面的皮带输送机落下，与前面的皮带输送机相对接，运送长料。

12）码垛装置及码垛台车。码垛装置是将剪下的板料堆垛整齐，并可堆垛到设定高度的装置。

码垛的材料放在码垛台车(可左右移动)上，也可随车上的滚轮移到外面，进行下一步处理。

对于开卷长度相差较大且短料居多的情况，为了方便材料运送，提高运送效率，可以做一套短料码垛台(简称短料台)，如图 5-8 所示。

短料台的侧挡料板上装了一个接近开关，当板料堆垛到接近开关时，接近开关就会发出信号，自动控制码垛小车下降。当板料堆满后，接近开关就会发信号使全线暂停。

使用短料台时，一是要注意起吊材料的操作空间及桥式起重机运行的空间是否足够，以免造成操作困难。二是要注意前面皮带输送机的角度，当短料台堆垛第一叠料时，特别是短料台如果需要放一个零件架，再在上面堆垛时，是否会与皮带输送机的下皮带发生干涉。三是不用短料台时，要注意后挡料板是否会与放下的皮带输送机发生干涉。

为防止板料间出现划伤，设备均设有不同的防划伤装置。防划伤式码垛装置有以下几种

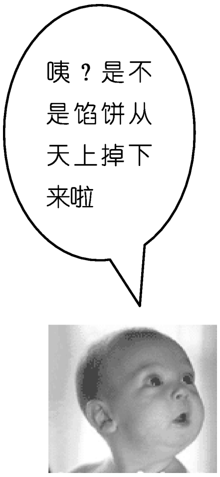
图 5-8　短料码垛台

类型：

① 气浮式。板料在下落时，受到来自下方的压缩空气托举，在侧挡板的拍打下，使板料料头近乎垂直下落到位。采用这种方式的前提是气浮力能满足托起材料的要求。

② 吸盘式堆垛装置。通过吸盘来传输材料。这种方式纵剪分条料时用得较多，不足之处是效率较低。

③ 材料垂直落下装置。这种方式防划伤效果很好，如图 5-9 所示。



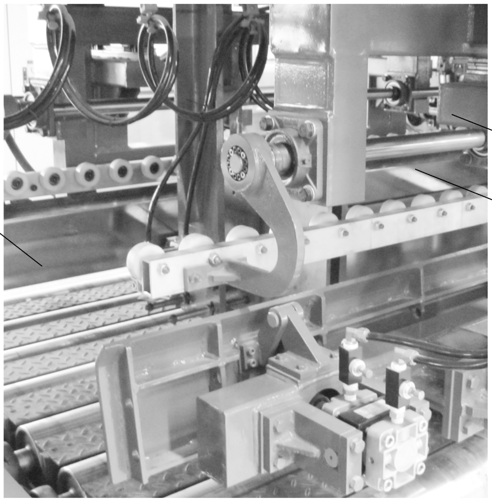


图 5-9　材料垂直落下装置

④ 电磁辊道皮带堆垛装置(简称磁性码垛)。在传动的输送带机架中装有能控制吸力大小的电磁辊道装置，材料挂在皮带的下方传送到指定位置后关闭电源使材料平行下落。这种电磁堆垛是目前防划伤效果最好的装置，国外生产的高端开卷线多采用此装置。图 5-10 所示是磁性码垛装置示意图。

13）开卷线的操作站。开卷线的结构不同，操作站也不同。一般一条开卷线的操作站为 3 ~5 个。

操作站根据其功能的不同可分为：开卷校平操作站、主操作站、皮带码垛操作站。

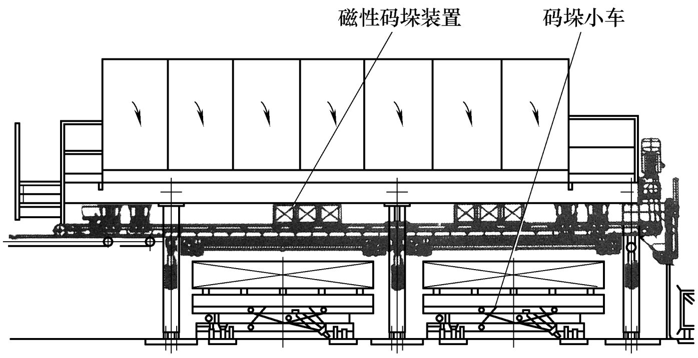


图 5-10　磁性码垛装置示意图

开卷尺寸、开卷数量、开卷速度等参数的设定都可在主操作站的触摸屏上完成，如图 5-11 和图 5-12 所示。

图 5-11　主操作台操作功能示例一

图 5-12　主操作台操作功能示例二

思　　考

1. 开卷线主要由哪些设备装置组成？其作用是什么？
2. 是不是所有的开卷线都必须设粗校平？
3. 是不是所有的开卷线必须设清洗机？
4. 开卷线材料的码垛，可以有哪些防划伤措施？
5. 送料辊会不会对材料的质量有影响？

5.2　开卷线的工艺参数和技术协议书

订购开卷线时需要制订开卷线各项装置的参数，以便使开卷线符合开卷材料的要求。

1. 开卷线的主要工艺参数

表 5-1 列出了普通冷轧板的开卷线工艺参数。

表 5-1　普通冷轧板开卷线工艺参数示例

项　　目	工 艺 参 数	项　　目	工 艺 参 数
材料抗拉强度/MPa	max. 780（板厚≤2.0mm）	堆垛精度	层间偏差 <0.5mm
	max. 680（板厚 >2.0mm）		堆垛高度 400mm 时 <1.0mm
最大卷材重量/kg	200	对角线精确度/mm	0.5
卷材宽度/mm	900 ~ 1850	校平精度/（mm/m）	≤1.0
钢卷内径/mm	ϕ508/ϕ610	开卷线速度/（m/min）	max：95
钢卷外径范围/mm	ϕ650 ~ ϕ1500	每分钟开卷数量	max：60
带钢厚度/mm	0.5 ~ 2.5	毛刺高度	料厚≤1.2mm 时毛刺≤0.04mm
最大堆垛（码垛）高度/mm	600（含木架）		料厚 >1.2mm 时毛刺≤板厚 3%
最大堆垛重量/kg	40	堆垛方式	磁性堆垛
剪切长度/mm	50 ~ 4000	特殊功能	具备上覆膜、下覆纸功能
剪切精度/（mm/m）	匀速时 ±0.2；加减速时 ±0.3	生产线方向	……

开卷线的校平机，是开卷线保证材料精度的核心部分。对校平机的主要要求一般需考虑以下几个方面：

1）校平机的校平精度。

2）校平辊的材料和热处理。

3）校平辊的数量和布置以及是否带清洗辊（见图 5-13）。

4）校平机是否为了便于清洁，做成下部可移出且上部可翻起的结构。

对于开卷一般材料用的校平辊，为了保证工作辊的耐磨、耐用，需采用高合金钢（如 GCr15）制作，磨削表面粗糙度达 0.4μm 以上，表面淬火硬度达 60HRC。

为了使同一条开卷线能开卷不同的材料，有的用户订制了两套直径不同的校平辊，普通零件材料用一套直径约 60mm 的校平辊，薄板外观用料用一套直径稍小（约 ϕ50mm）的校

平辊。

如果开卷高强板材料，工作辊的强度还需更高一些。

校平辊的数量一般呈单数分布，如 17 辊、19 辊、21 辊等。

校平精度适用于处于正常状态下的卷料，对于变形较严重，或力学性能超过规定的卷料，校平效果可能不是很理想。

图 5-14 所示是某设备制造厂生产的开卷线用校平机。

图 5-13　带清洗辊的校平机

1—上支承辊　2—上防护辊(防止辊子脱落)　3—上清洗辊(通过旋转将油污排出)　4—上校平辊　5—下校平辊　6—下清洗辊(通过旋转将油污排出)　7—下支承辊

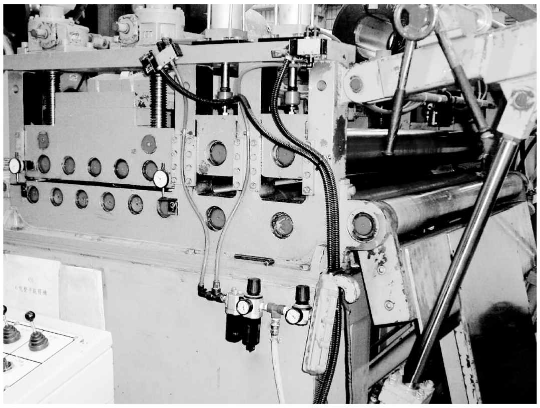


图 5-14　开卷线用校平机

2. 开卷线技术协议书

在向设备生产厂家订购开卷线时，用户需编写开卷线技术协议书，对开卷线的类型和配置提出详细的要求，内容包括：

1）用于外观零件的材料的开卷线，要求剪板机的剪切滑块要设在下方，使剪切后材料前端的毛刺向上，以免材料堆垛时，毛边划伤下面的材料；材料在开卷线刚性路径面上，要处于滚动接触(见图 5-15)。

2）是否需要采用激光对中装置。

3）是否需要磁性码垛装置等。

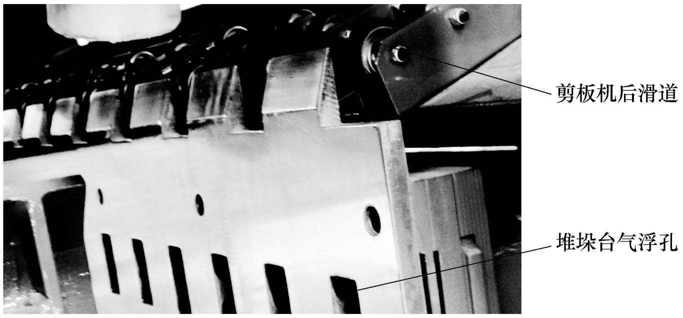


图 5-15　开卷线剪切防护系统

思　　考

1. 材料的抗拉强度与开卷线有什么关系？
2. 钢卷内径选直径 490mm 可以吗？
3. 剪切精度和剪切速度有无关系？

5.3　剪板机

剪板机主要用于剪切金属板材，是重要的金属板材加工机床，既是冲压准备工序用设备，也是板材剪切加工柔性化（FMS）的必要组成部分。

1. 剪板机的分类

1）按结构分有闸式剪板机、摆式剪板机，还有开卷线用的飞剪机构剪板机三大类。

2）按操作类型分有手动式剪板机和数控式剪板机。

数控式剪板机装有后挡料快速自动定位控制系统，采用交流伺服电动机和滚珠丝杠传动的变速驱动装置，能够保证挡料尺寸的精度；或者在前定位设置数控前送料台，即将被剪板料放在送料台上，由液压夹钳夹住板料，按编程设定自动送进、定位，并与剪板机上刀架的运动相协调，进行单次定位剪切或类型自动剪切。数控系统可对后挡料、刀片间隙和剪切角度进行编程控制，并配有数显装置。数控装置大大提高了剪切精度和效率。

3）按传动方式分有机械剪板机和液压剪板机两类。机械剪板机的每分钟最大行程次数较液压剪板机高，但在一般情况下，由于机械剪板机的剪切角度不可调整，安全性也比液压剪板机差，因此液压剪板机受到越来越广泛地欢迎。

2. 液压剪板机

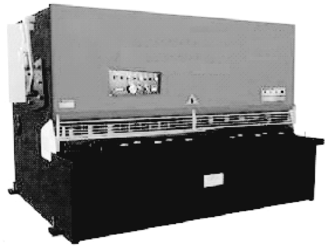
液压剪板机有摆式剪板机和闸式剪板机两种形式。

1）摆式剪板机（见图 5-16a）。刀架沿一圆弧面运动，刀片间隙调节利用其刀架摆动支点处的偏心轴来实现，结构简单，调节方便。

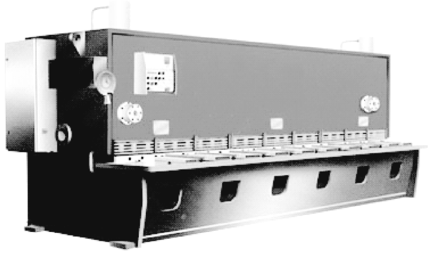
由于摆式剪板机的上刀片采用圆弧面运动方式，因而剪切时刃口能自动离开板的边缘，减少了切削刃的磨损。

2）闸式剪板机（见图 5-16b）。刀架由导向装置导向，垂直上下运动，因此运动精度高。

摆式剪板机的刀片由于运动方式是圆弧，上刀片要做成锐角，且只有两个角可做刃口。闸式剪板机的结构相对较复杂。



a)



b)

图 5-16　液压剪板机

a）摆式剪板机　b）闸式剪板机

3. 剪板机的主要工艺参数

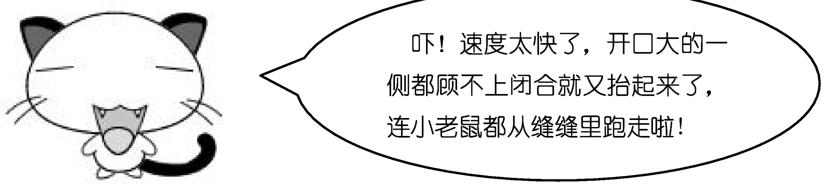
1）剪切厚度：剪板机能够剪切板料的最大厚度。

剪切不同厚度的材料，需要调整剪切上下刀片之间的间隙，调节方式有手动转轮式，也有数控式。

2）剪切宽度：剪板机能够剪切板料的最大宽度。剪切宽度的确定，一是要根据所要剪切的最大毛坯宽度来定，二是要根据剪切的效率来定，如并排同时剪切两件，要注意斜角剪切的时间差。

以上两个参数涉及的是设备能够承受剪切力的大小，包括剪切刃的强度和硬度。一般剪板机的设计是按剪切材料抗拉强度≤450MPa 来设计的，因此选购剪板机时，要考虑所剪材料的特性，对高强板材料要特别注意，否则可能会造成机架挠度变形、刃口间隙变化，或者使剪切毛刺增大、剪切精度降低。

3）每分钟行程次数：多数剪板机的行程次数可调。连续剪切相同尺寸条料，速度要求较快，如果一块材料要剪切两个以上的方向，速度就要放慢。一般液压剪板机每分钟行程次数在 7～35 次，开卷线上的剪板机要求每分钟行程次数达到 60 次以上。



4）后挡料行程：反映的是剪板机能够剪切的最大长度。受悬臂刚度的影响，后挡料行程不会太大，一般为 1000mm 以内。如果需剪材料的长度超过后挡料行程，一是可以选配后挡料抬起功能，二是改用前定位(可自做或再加长)剪切。

5）剪切角度调整：指可以调整的剪切角度范围，最大为 2.5°。小型剪板机平刃的较多，剪切质量好于斜刃的剪板机。调整剪切角的大小，可使材料剪切质量达到最理想状态，如图 5-17 所示。

6）喉口深度：指机身两侧距刀口的距离。

受设备刚度的限制，一般喉口深度在 100mm 以内。但特殊的剪切方式，喉口深度可达数百毫米，如图 5-18 所示。

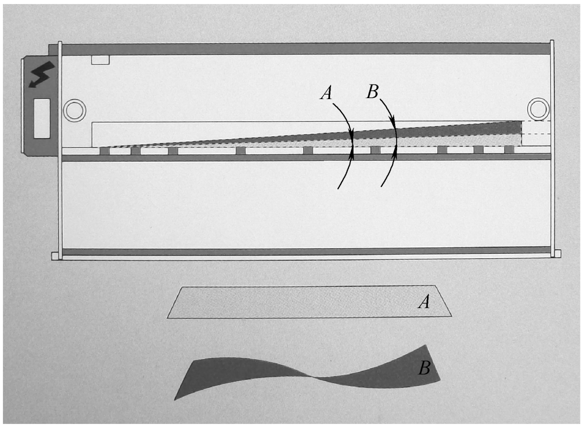


图 5-17　剪切角度

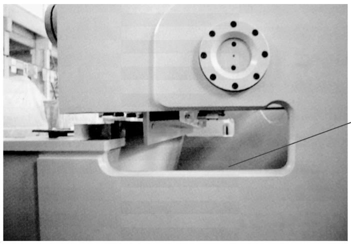


图 5-18　喉口

剪板机喉口的利用：可以利用喉口剪切超过剪板机刀口宽度的材料(见图 5-19)，即先剪大板料的一侧，超出刀口的部分等刀内材料剪切完，内移至刀口再剪一刀。如果剪板机喉口的深度小于需剪切的尺寸，可通过重复上述动作来完成。采用这种方式，剪切的精度比一次剪切完毕的要差。

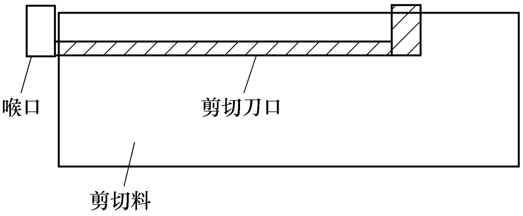


图 5-19　喉口作用示意图

4. 剪板机附加装置

1）灯光对线：沿刀口有一直线光从上方照下来，剪切时可根据光线来判断材料是否放偏。这种方式很适合非批量剪切。

2）前靠尺：前定位支架，支架上装有钢直尺和前定位止规。前定位长度的设定根据所需剪切的材料尺寸来定。

3）气动后托料装置：剪切面上面装有带滚轮的气动后托料装置，随着剪切的节奏一抬一落，剪切好的材料从托架上滑落下来，如图 5-20 所示。

图 5-20　气动后托料装置

4）堆垛装置：一般是在剪板机刀口后面放一皮带传送机，在传料末端的堆垛挡板上设有高度检测装置，使料台上的剪切料到一定高度后自动下降（见图 5-21）。

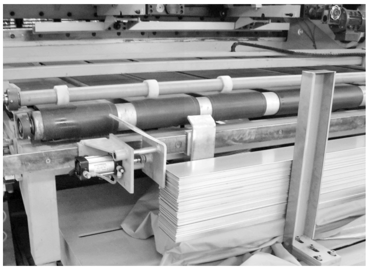


图 5-21　堆垛装置

5. 剪切防划伤措施

对汽车外覆盖件及内表件的剪切，很重要的一点就是要防止材料表面划伤。

造成材料剪切划伤主要有以下三个原因：

1）进料侧材料的下支撑不滑顺，材料前移时被下面的材料划伤。

2）材料经过刃口时被刃口划伤。

3）剪切好的材料在下滑或堆垛时，剪切毛刺将相互接触的材料划伤或材料被工位器具等划伤。

解决材料前移时被下面的材料划伤的问题，一是将待剪材料的位置和高度作适当的调整，二是在前定位台(架)安装略高于台面的滚轮，使材料移动时处于数点滑动接触，如图 5-22 所示。

解决材料被刃口划伤的问题，可适当将材料抬高，以防止材料从刃口上划过。有两个方法可供参考：

第一，在上刀口外设一滑杆，在将其抬起时，滑杆的上表面略高于下刀口，使剪切材料在滑杆上前移，从而避免了材料与刃口的接触。但这种方法仅适用于重量较大的材料，在剪切完后靠自重从滑杆上滑出，如图 5-23 所示。

图 5-22　前托料装置

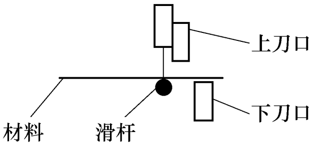


图 5-23　防滑伤装置示意图

第二，在剪板机后侧安装两个气动滑动支撑杆。滑动支撑杆随着剪切的节奏一起一落，抬起时的高度刚好使材料避开刃口。此装置也可与气动后托料装置结合制造。

剪切料堆垛或下滑时产生的划伤问题有以下几个解决办法：

第一，利用图 5-21 所示的“堆垛装置”。

第二，如果剪切料较大，可以配气浮装置(在材料下面吹气,使材料平稳下落)。

第三，选用滑块设在下方且下切削刃向上运动的反向剪切形式，使剪切毛刺向上，以防

止材料下落时划伤下面的材料。

思　考

1. 分析一下材料剪切完后反面出现划伤的原因。
2. 摆式剪板机上刀口有几个刀口可替换？
3. 摆式剪板机和闸式剪板机各有什么特点？
4. 怎样防止材料剪切划伤？

5.4　折弯机

折弯机是金属板材加工常用的设备。通过安装在折弯机上不同的模具或刀具，可以实现板料的直线弯曲折边、冲孔和简单成形，特别适合货车车厢、箱柜及批量少，品种多的零件生产。由于折弯机的模具通用性强，运行成本低，因而得到广泛的应用。

1. 折弯机的类型

目前的折弯机主要是液压式。液压折弯机(见图 5-24)的优点是：有较大的工作行程，在工作行程中的任一点都可以产生最大的公称力；折弯行程、压力、速度可调，易于实现数控；可实现快速趋近，慢速折弯；可以采用多缸同步系统，以提高折弯精度。

近年来，出现了采用两台伺服电动机同时带动滚珠丝杠直接驱动折弯滑块的折弯机。这种折弯机可使滑块的挠度得到有效补偿，能耗、噪声及维修成本可得到降低。

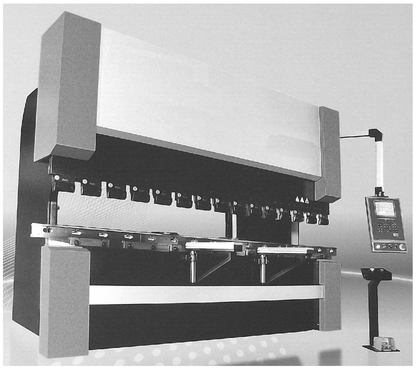


图 5-24　折弯机示例

数控折弯机的优点：

1）采用触摸屏(储存多种零件的折弯工艺及工艺参数)及成熟的工艺软件设备可根据相应的工艺和参数自动按步骤进行操作，并可实现轮番生产。对新折弯工艺可以进行模拟操作，以检查工艺制订的合理性。

2）采用数字式闭路液压系统。

3）采用动态压力补偿系统、侧梁变形补偿系统、温度补偿系统、板材厚度及反弹在线检测和修正系统、电液同步伺服控制技术，保证受力状态下工作台与滑块相对位置的准确性。

4）滑块空程速度可达120mm/s以上，工作速度可达10mm/s以上，工作效率较高。

5）折弯模具标准化、系列化、分块化、快装化、模具更换采用快速油压夹紧或手柄式夹紧（见图5-25），大大减少了模具的更换安装时间，并可实现多道折弯工序连续作业（见图5-26）。

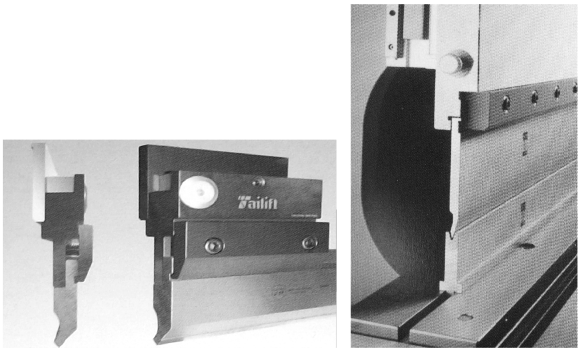


图5-25　折弯上下模固定类型示例

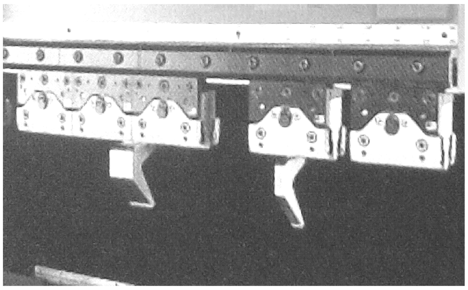
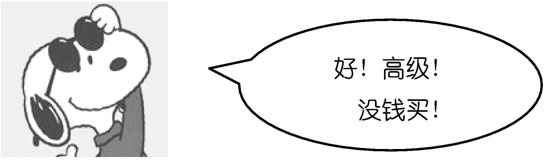


图5-26　不同工序的折弯模并列安装



6）设有随动前托架，在折弯时，随着板料的翘起自动托住板料。前托架有两种控制方式：

① 浮动式：由气缸支撑前托架，使之能随板料的翘起而升起。要注意的是，进气压力的大小应调节到仅对板料起支撑作用而不会引起额外变形。

② 伺服式：板料在前托架上压住支撑销，当板料抬起时，支撑销发出信号，由液压伺服机构控制前托架同步升起。

对机器人自动操作来说，5轴的机器人可随板料折弯方向的变化不断变换夹持部位。

7）多轴数控后定位保证了板料的精确送进，定位精度可控制在±0.01mm左右，重复定位精度达0.005mm。激光在线角度测量系统（见图5-27），可以用激光束实时检测所折弯的角度，确保折弯角度的精准性。

8）设有电液伺服同步系统。采用全闭环电液伺服控制技术，滑块位置信号可由两侧光栅尺反馈给数控系统，再由数控系统控制同步阀开口的大小，调节液压缸进油量的多少，从而控制滑块同步运行。

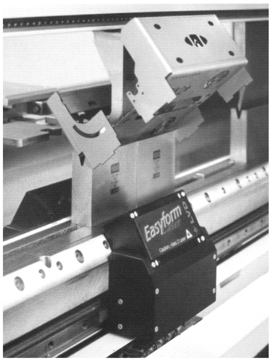


图5-27　激光在线测量系统

9）设有高灵敏度的复合驱动系统。对上传动的每侧活塞缸均采用AC伺服电动机带动可双向旋转的柱塞泵单独供油，每个缸中液压油的流量、压力和走向均可自动伺服控制，定位精度达0.001mm。

10）板料厚度能够自动测量。板料厚度的偏差会引起折弯角度的变化，因此有的数控

折弯机上装有高精度板厚测量仪，在折弯前，将测得的实际板厚与名义板厚的偏差，作为参数输入数控系统，以修正凸模进入凹模的深度，使折弯角度偏差大为减少。

11）折弯角度能够自动测量和补偿。对液压折弯机来说，如果两个液压缸的同步性不良，两侧滑块就会有高度偏差，造成折弯件两端受力不均，折弯角度不同。比利时某公司开发的自动测量折弯角度和回弹的自适应控制系统，能够当触头接触板料并随板料一起运动时，不断向控制系统发送关于折弯角度的信息，以控制凸模的进入深度。该系统为了补偿回弹，采用了折弯力测量系统，利用安装在工作台上的传感器，当工作行程达到终点时，控制折弯力减少30%，使凸模自动退让，并再次测量折弯角度，算出回弹量，然后重新设定压下深度。

国内新一代折弯机已在机床两侧安装了光栅尺 Y_1 和 Y_2，来测量滑块与工作台的精确距离。如果有丝毫的位置误差，数控系统便对两个伺服阀 S_1 和 S_2 发出信号，进行必要的校正，从而确保工作台与滑块始终处于平行状态，如图5-28所示。

12）可配备6轴机器人，组成数控折弯单元，缩短折弯工序辅助时间。

2. 折弯机主要参数

1）公称压力：折弯机能够施加给折弯件的最大压力。折弯力与折弯件的料厚、零件长度和材料的抗拉强度有关，还与折弯下模的V形模口的开口尺寸有关，开口尺寸越大，所需折弯力越小。设备的公称压力是按照材料 $\sigma_b = 450\text{N/mm}^2$ 来确定的。

板料折弯示意图如图5-29所示。折弯力的计算公式如下：

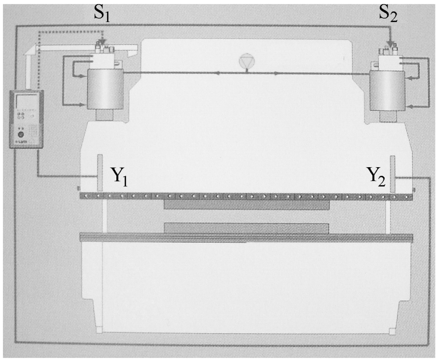


图5-28　折弯机平行精度控制系统的光栅尺

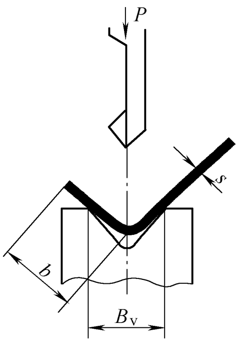


图5-29　板料折弯示意图

$$P = \frac{1.42 L \sigma_b s^2}{1000 B_V}$$

式中　P——折弯力(kN)；

σ_b——材料的抗拉强度(N/mm^2)；

s——料厚(mm)；

L——折弯长度(mm)；

B_V——V形口宽度(mm)。

一般折弯机的说明书上，为简化计算，都列有一些常用折弯材料的折弯力表，只要材料对应，按折弯长度和料厚就可以查出折弯力的大小。

2）喉口深度：材料能够超出折弯机受力中心线的距离。喉口深度越深，对设备的刚性

影响越大。如果要折弯超长料，且前定位尺寸又很大的折弯件，就需订购深喉口的折弯机。

3）滑块行程：滑块从上死点到下死点的最大距离。

对高度较大的工件，为了方便定位，上下模之间需较大的空间，可选择滑块行程较大的折弯机。

4）滑块行程次数：折弯机在连续模式下，每分钟的折弯次数。

3. 折弯机的定位装置

1）前定位。前定位要能够随模具及折弯件的特点而升降，其长度可根据需要来调节。为方便操作，前定位可90°旋转，如图5-30所示。

2）后定位。折弯机的后定位如图5-31所示。

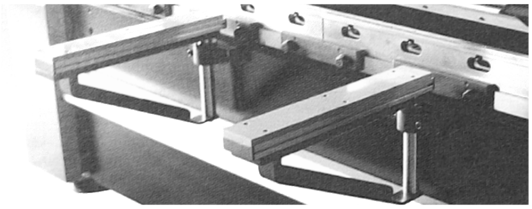


图5-30　前定位

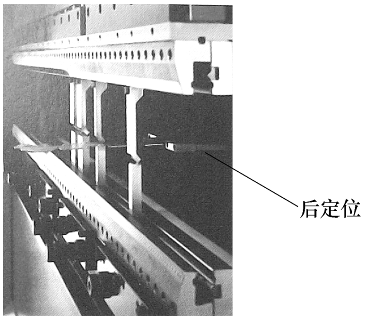


图5-31　后定位

思　　考

1. 折弯机的主要工艺参数有哪些？
2. 折弯力如何计算？
3. 折弯机能否同时装不同的折弯模具？
4. 数控装置可以实现什么功能？
5. 折弯机目前都有哪些先进技术？

5.5　折弯模具

5.5.1　折弯的方法和步骤

折弯零件不仅要考虑折弯机的折弯力是否满足要求，根据折弯零件的形状，配备合适的模具(刀具)也很重要。

图5-32a所示是一需要折弯的零件，如果采用图5-32b所示的折弯上模，能否折弯？

折弯步骤如图5-33所示。

显然，折前三个弯虽然没有问题，但在第四步时发生了干涉，使折弯无法进行。因此，要用特殊形状的模具来

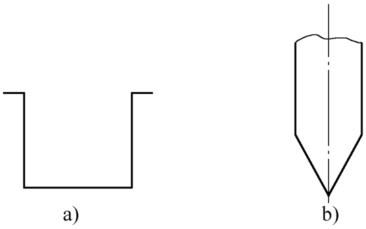


图5-32　折弯件和折弯上模
a）折弯件　b）折弯上模

解决，如图 5-34 所示。

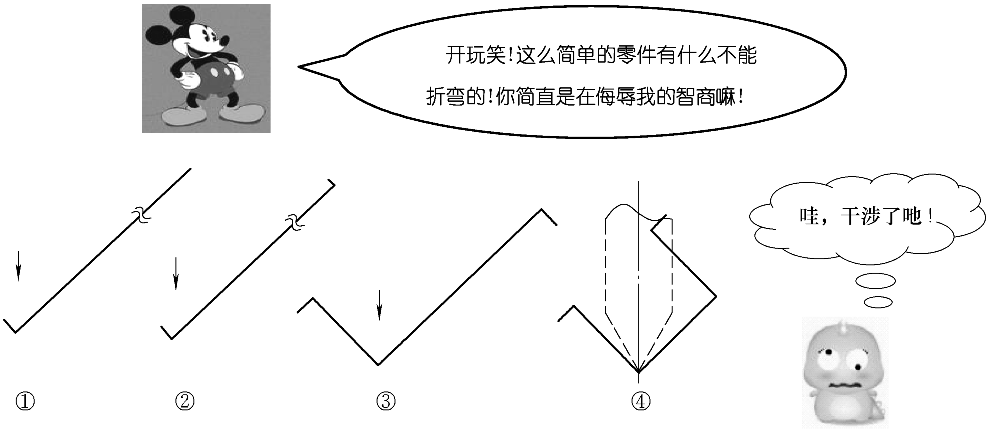


图 5-33　折弯步骤

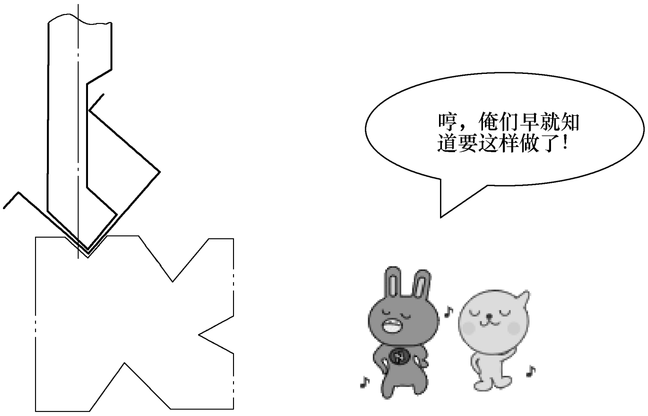
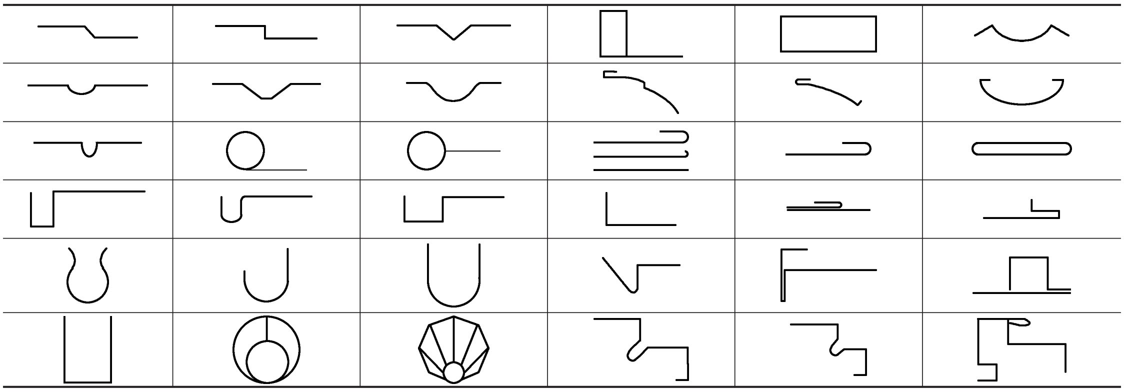


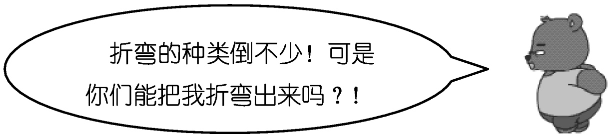
图 5-34　折弯避让模具

5.5.2　折弯零件类型

折弯除了折不同的面(见表 5-2)，还可以拍平、冲孔和简单成形。

表 5-2　折弯件形状示例

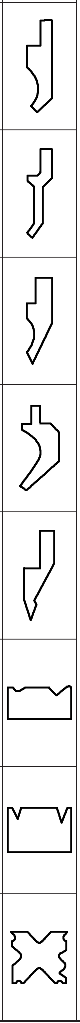
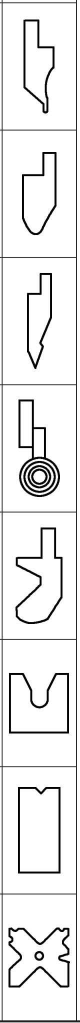
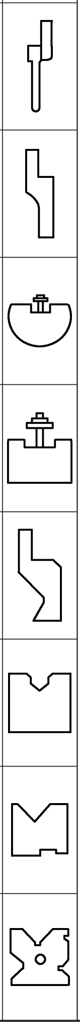
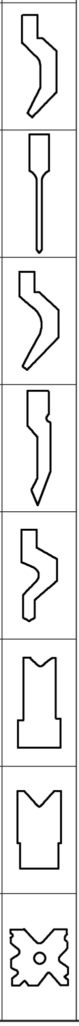
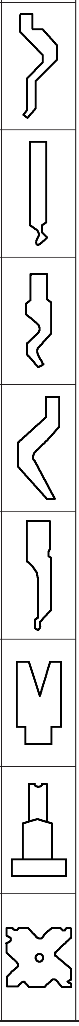
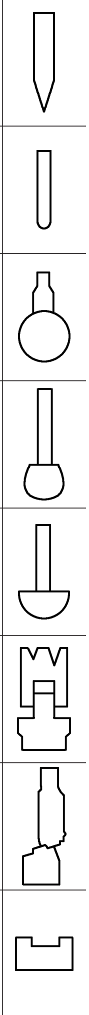




5.5.3 折弯模的形状(见表 5-3 和图 5-35)

表 5-3 折弯模具

选型序号 No.	图形	选型序号 No.	图形	选型序号 No.	图形	选型序号 No.	图形	选型序号 No.	图形	选型序号 No.	图形
P1		P6		P11		P16		P21		P26	
P2		P7		P12		P17		P22		P27	
P3		P8		P13		P18		P23		P28	
P4		P9		P14		P19		P24		P29	
P5		P10		P15		P20		P25		P30	
D1		D4		D7		D10		D13		D16	
D2		D5		D8		D11		D14		D17	
D3		D6		D9		D12		D15		D18	

为了减少折弯模数量和模具更换次数及降低模具成本，可以将折弯件按类型分组，模具按每组最特殊的折弯件来做。

一般的折弯模可用 T10、42CrMo 等材料来制作，硬度为 50HRC 左右。但对折弯件生产量大、承受折弯力大、形状又薄又弯的折弯模就要选用更好的模具材料。

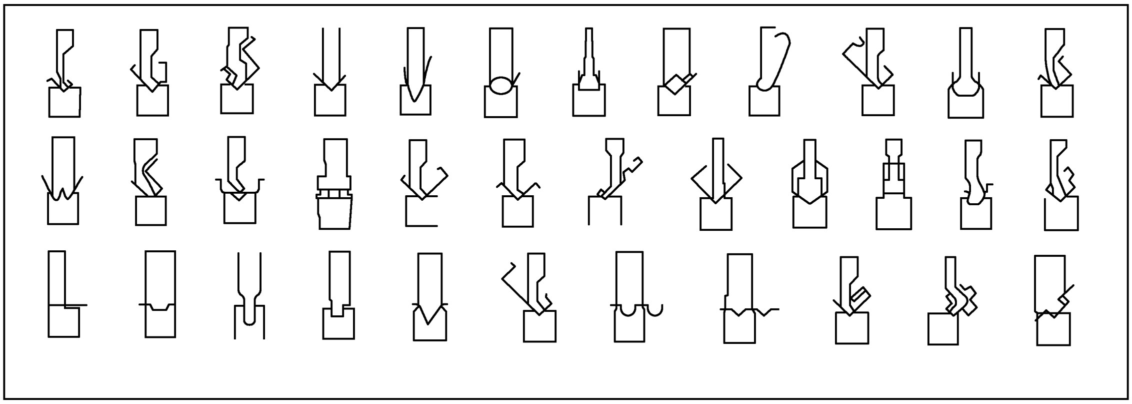


图 5-35　折弯模工作状态示例

5.5.4　折弯件常见问题分析

1. 折弯尺寸偏差原因分析

折弯尺寸出现偏差的原因可从以下几个方面来考虑：① 定位是否精确。② 材料的放置是否偏斜。③ 下模的模口大小及 V 形底部圆角是否合适。对材料较厚和(或)折弯尺寸较大的折弯件，下模要用较大的 V 形口；对材料较薄或折弯尺寸小的折弯件，要用较小的 V 形口及 V 形底部圆角。

如图 5-36 所示，放置在下模上的板料由于自重出现了偏斜，这样折弯件的尺寸很难保证，因此需对板料的摆放状态进行调整。

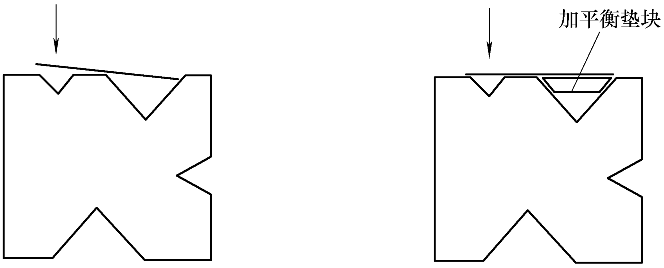


图 5-36　板料倾斜的调整

2. 折弯角度偏差原因分析

折弯角度误差有两种情况，一是折弯件两端的角度不一致，另一种情况是没有折成所需要的角度。

1）折弯件两端角度不一致的原因分析：

① 设备的精度有问题，滑块与下台面的平行度超差。对液压折弯机，如果两个液压缸的同步性不良，滑块就会有高差倾斜，造成折弯件两端受力不均，折弯角度不同。

② 折弯模的精度有问题，即折弯上模的工作线(面)与折弯下模的工作线(面)不平行。

2）折弯件的角度未达到要求与以下两个因素有关：

① 折弯上模的角度和下模的开口角度不一致(见图 5-37)。

② 折弯力设置不当。通常折弯件受折弯力越大，折弯角度相对就越小(在下模角度范围内)。

3. 折弯圆角不符合要求

原因分析：

1）与折弯下模口形状大小有关。V 形口小，折弯上下模便于在底部压紧，形成小圆角，如果像图 5-36 所示上模未到底，圆角线就不会很清晰，因此圆角相应就较大。

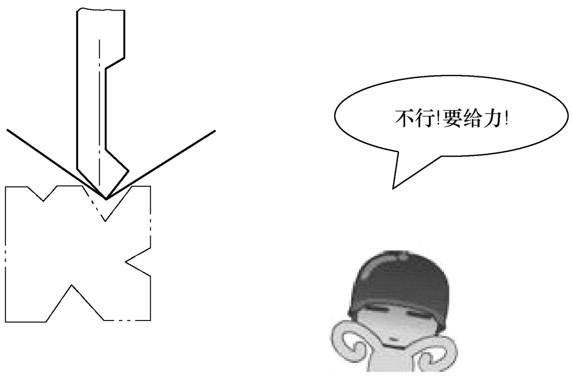


图 5-37　折弯上模的角度与下模的开口角度不一致示例

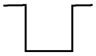
2）与折弯下模的底部圆角有关。

3）与折弯上模的圆角有关。

4）与设定的折弯力有关，折弯力如果太小，圆角就压不到位。

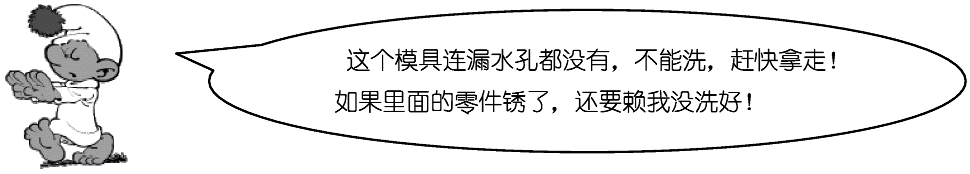
思　　考

1. 折弯模是不是不能冲孔？
2. 折弯角度两端不一致是什么原因？
3. 折弯圆角大是什么原因？
4. 折弯件尺寸精度超差是什么原因引起的？
5. 下图折弯件应怎样折弯？上模大致是什么形状？



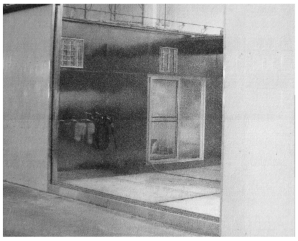
5.6　模具清洗机

模具是冲压的基本设备之一，保护好模具，不仅能有效地延长模具的使用寿命，而且还可减少模具上机后擦拭模具所需要的辅助时间。目前一些大的汽车制造厂，都装备有模具清洗机，每次模具使用完毕，便将模具吊到模具清洗间进行彻底清洗、保养。



1. 一般模具清洗间的主要结构

1）清洗间：清洗间中部为工作承载区域，中心有十字流水槽，清洗间周边也有防滑流水槽。在清洗间，设有供模具进出的轨道及大门，如图 5-38 所示。



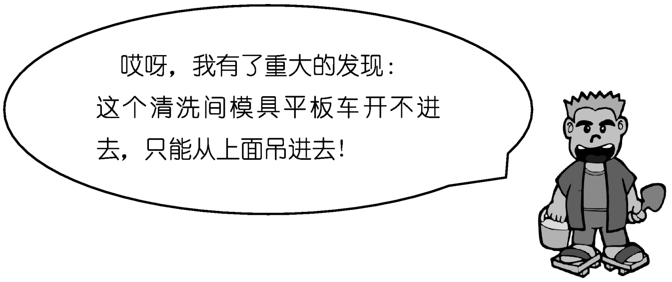
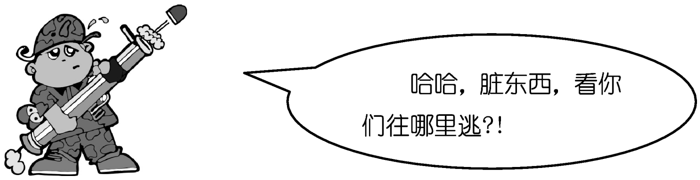


图 5-38　模具清洗间

2）操作间：与清洗间相邻，大部分的模具清洗设备、水处理设备及电气系统都安装在操作间内，通过终端设备如原液喷枪、高压喷枪、吸干枪等通向清洗间。

3）原液喷洒系统：包括原液箱、原液喷洒枪及管路等。该装置利用压缩空气的喷射力，将经压缩空气雾化后的有机溶剂颗粒高速喷射到模具表面及常规手段无法触及的缝隙部位。有机溶剂与模具上各处的油污融合，以减小油污与模具表面的附着力，为下一道清洗工序作准备。



4）高压清洗系统：该装置由清洗泵、管道、阀门、手持喷枪等组成，可以将模具上清洗溶液与油污的混合液、模具上的铁屑、锌皮等杂质利用高压水基溶液冲洗下来。该水基溶液不但具有进一步清洗模具表面的功能，同时还有一定的防锈功能。

5）真空吸液系统：用来吸取模具清洗过程中留在模具盲孔、沟槽等容易积水处的残留清洗液，防止其对模具造成二次污染。

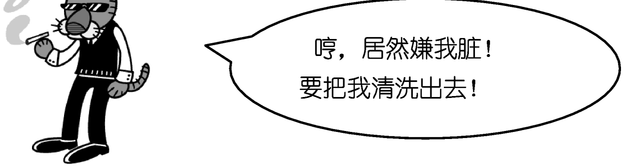
6）空气吹干系统：该系统由压缩空气管路、吹干枪组成，可利用压缩空气对潮湿的模具进行吹干。

7）水处理系统：包括废液收集池、潜水泵、管路、油水分离器、废油收集箱、蓄液箱、提升泵、粗滤器、精滤器以及净液箱。

使用高压喷枪清洗模具后，流下来的废水通过清洗间的水槽汇集到废水收集池，然后，由油水分离器进行处理，其中废油通过管路排放到废油收集箱中，经过处理的废水可循环使用。

8）排风系统：模具在清洗过程中产生的大量的潮气及水雾，由排风系统排出。

9）电气系统：清洗机一般采用 PLC 编程控制，整个控制系统的开关集中在操作间的电气柜里。



2. 模具清洗机主要参数的确定

1）清洗间尺寸：按照最大最重要的模具尺寸加上运送避让空间、工人的操作空间和废

水槽宽度来确定。如果场地足够大，要清洗的模具很多，可考虑将清洗间的大小建造成能同时清洗几套模具的空间(模具间要留800mm以上的操作空间)。

2）工作台尺寸：清洗间摆放模具的尺寸再加上工人操作的场地。

3）操作间尺寸：可由模具清洗机生产厂家来确定。

4）高压泵压力：一般在100～300bar㊀，可调。

5）水处理流量：示例值每小时1000kg，使用时不要超过此值，否则废水处理效果不好。

6）提升泵流量：示例值每小时4000kg。

7）潜水泵流量：示例值每小时1000kg。

8）油水分离器能力：示例值每小时最大1000kg。

9）蓄水箱容积：示例值1200kg。

10）粗滤器精度：示例值18μm。

11）精滤器精度：示例值4.5μm。

12）净水箱容积：示例值1200kg。

13）气源压力：示例值0.6MPa。

14）工作台最大承载能力：示例值450kN。

15）单副模具清洗时间：示例值40min。

16）照明电压：220V。

17）控制电压：220V/24V(电钮)。

18）主电源电压：380V。

19）设备总功率：示例值32kW。

思　　考

1. 模具清洗间的工作台尺寸为2300mm×1200mm，同时洗两套模具，一套长×宽2000mm×500mm，一套长×宽2200mm×600mm，是否能满足使用要求？

2. 清洗模具需要几道工序？

5.7　金属废料液压打包机

金属废料液压打包机在汽车行业用得较普遍，其用途为将冲压废料集中到一起挤压打包，以方便运输。

废料打包机根据打包好的废料的出料方向分为翻包打包机、侧推包打包机、前推包打包机及人工取包(或通过电磁吸盘取包)。

图5-39所示为翻包打包机的一个示例。

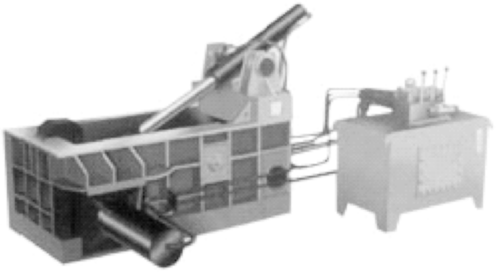


图5-39　翻包打包机

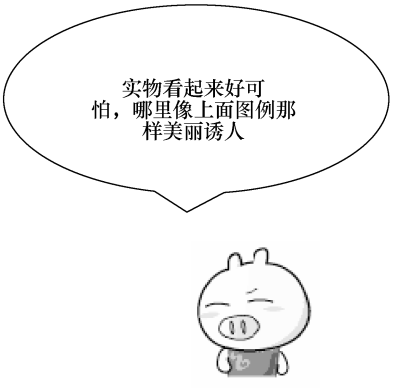
㊀1bar＝10^5Pa

1. 液压打包机的工作方式

液压打包机的打包过程如下(见图 5-40):

1) 将废料用电磁吸盘或叉车叉上专门的料斗，送废料到打包机的压缩室内。

2) 合上盖板。



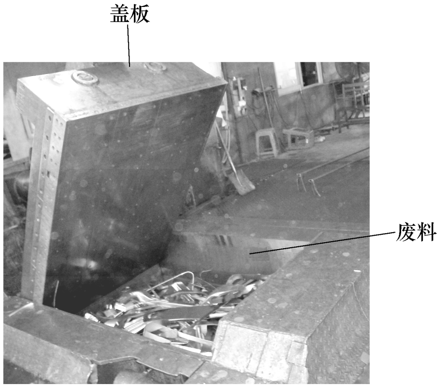


图 5-40　废料打包机在工作中示例

3) 侧滑块向前推挤。

4) 盖板下压。

5) 100s 左右，打包完成，盖板打开。

6) 翻包到机外(见图 5-41)。

图 5-41　废料打包机将打包好的废料翻出来示例

2. 打包机参数的确定

(1) 打包机的数量　需根据每天(每周或每月)冲压废料的产生量来定。

打包机台数 = 废料每小时最大产生量/预选设备的生产率

(2) 包块尺寸　打包好的废料外形尺寸。包块尺寸的确定与需要处理的废料量、运输方式、废料处理场地有关。

如果一台较大的打包机可以处理完废料，但运输装车较困难，装箱率低，可能就会根据所需尺寸选两台小打包机，即选择小的包块尺寸。

如果积存废料占用场地大，就要先解决运输问题。

包块尺寸有方形、长方形(见图5-42)等。包块尺寸最好与装载车的货箱尺寸配套。具体打包机的打包尺寸也可在订货时和生产厂家协商。

(3) 包块密度　指包块每立方米的千克数，一般包块的密度大于1800kg/m³。包块密度是一个波动值，和向压缩室放的废料有关，如果是大覆盖件的切边废料打包，包块密度就相对较小(每包的重量等于放在压缩室里的废料重量)。

图5-42　包块尺寸示例

(4) 公称推力　打包机打包时施加的液压力。

(5) 压缩室尺寸　压缩室尺寸一般属被动尺寸，只有当废料处理场地有问题时，才会考虑去约束它。

(6) 生产率　每小时打包废料重量。

这个数据一般是各厂的厂标，变动不会太大，如某台1000的打包机，生产率为1200～1500kg/h。具体生产率是多少，要由上料的速度和其他辅助时间的长短来决定。

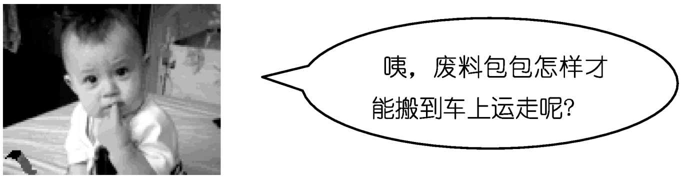
(7) 单次循环时间　如100t的打包机，单次循环时间为120s。

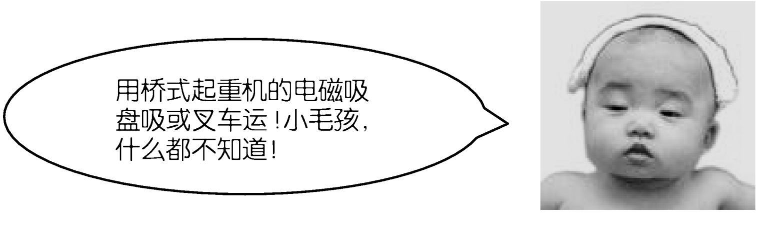
(8) 出包操作方式：

1) 翻包：设备的翻转机构可将包块翻转到机外的箱中(见图5-40)。

2) 推包：设备将包块侧推或前推。采用电磁吸盘取包可用此结构。

3) 人工出包：采用电磁吸盘取出包块，但要有能容纳电磁吸盘操作的空间。





思　　考

1. 怎样才能知道废料包的重量？除了称重可不可以初步推算？

2. 废料出量平均每小时 $45m^3$，废料密度系数平均 0.4，选多大规格的废料打包机且需要几台才能适应废料处理的节奏？

5.8　冲压废料输送线

冲压废料输送线在自动化生产线中是必不可少的，在普通冲压生产中，也是经常采用的。

废料输送线的作用，一是减少因废料转运而增加的辅助时间，二是减小了操作工扔废料的动作幅度，提高了劳动生产率，降低了操作工的劳动强度。

废料输送线一般采用鳞板式传送带，由电动机驱动。在运行时，每条生产线上有绿灯显示，停机时显示红灯，线上还设有急停按钮。

1. 废料线布局示例

两条冲压生产线配两条废料输送线，废料由输送带传送，集中到废料斗里，如图 5-43 所示。废料斗底部张开，废料直接落入货车的料斗里。货车依次在后面排队，一车装满开走，后面的车紧接上去。这种废料处理方式很适合生产量大、废料多的情况。

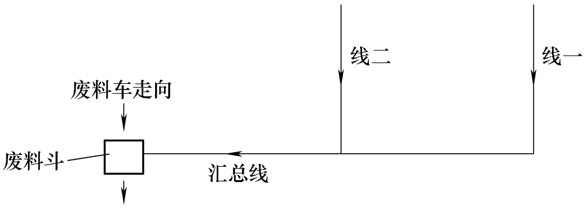


图 5-43　废料线示意图

有的工厂处理废料的方式是先打包，再运输。其好处是废料的运输效率高，运输成本降低；不足是废料处理占用场地大，一些可以二次利用的废料被毁坏，如果废料线出料口(见图 5-44)的运输工具衔接不好，可能会造成废料线暂停的情况。

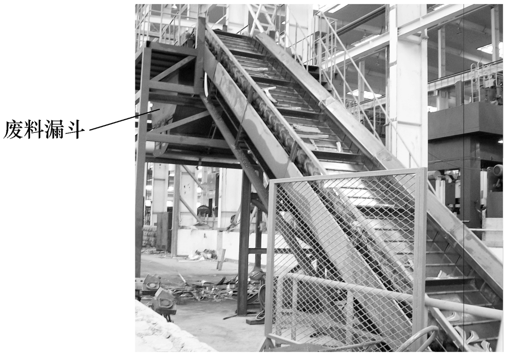


图 5-44　废料线出料口及爬坡线

2. 废料线参数的确定

废料输送线主线和各支线及爬坡线(见图 5-43)的承载量不一样，高度要求也不一样，

因而要分别制订参数。

1）有效宽度：废料带两下侧壁之间的宽度，即能横放废料的宽度。

废料长度一般设定为500～600mm长。对用于非自动线生产的模具，为避免废料太多，常常将部分废料刀拆除，因此废料相对较长。若发生废料在废料通道内堵塞，可以用一长钩子从废料口伸下去疏通。

一般废料线宽度为1～1.2m。

2）运行速度：废料线每分钟前行的距离。

合理的运行速度可以保证废料不会在线上堆集过高，或使废料线承载过大。

一般废料线的运行速度是10m/min。

3）废料线长。根据车间地坑走向确定。

4）废料线的空间：在纵横交叉的地方，支线要比汇总线高约1.5m，以便支线的废料下落到汇总线上。另外废料线本身高约1.25m，地坑除了要有废料线的容纳空间，还要有维修、清理人员通过的高度空间。这些空间都要考虑进去。

5）废料斗（见图5-45）的开口尺寸和废料容纳量。废料斗的开口尺寸除了要大于废料的最大尺寸，还要考虑接运废料的货车车厢的尺寸及体积，防止废料斗打开时，废料落在外面。

图5-45　废料斗

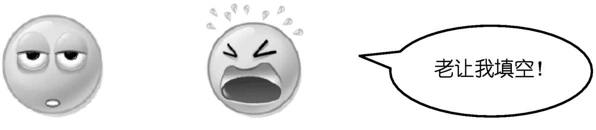
6）对没有在废料输送线上，如小压力机冲压产生的废料，如果也需要一并装车处理，可在废料线爬坡出口位置设一翻转废料箱的装置，让废料箱里的废料能够在2min内缓缓倒入废料线上，然后进入废料斗。

3. 废料滑道的设定

废料滑道（废料斗入口）一般设在工作台两侧，可以和废料线一起制作。

对采用废料线的设备的底座两侧，在设计管路、线路时要对废料滑道作出避让。

图5-46所示是废料入口及防护措施的一个示例，图5-47所示为废料下滑示意图。废料入口的位置和大小可根据具体情况来确定。



1）废料入口可以紧靠工作台，一般设3～6个（见图5-48），不用的废料入口用盖板盖住。

2）为了操作方便，也可使废料入口离工作台有一段距离。这比较适合较长的拉深件废料。

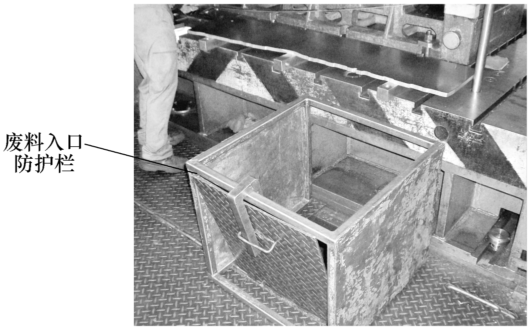


图 5-46　废料入口及防护措施

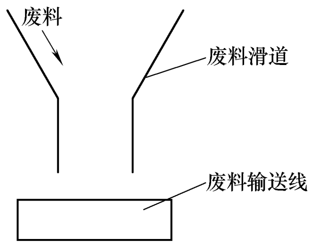


图 5-47　废料下滑示意图

不管废料入口设置在哪里，有一个原则是必须遵守的，即如果在废料入口的盖板上要放零件架，前提条件是废料入口的支撑框和盖板的强度要足够！

对设备下加装减振器的底座，无法为废料入口提供稳定的支撑，因此其承重能力是有限的。

3）废料入口直接通到位于数米深以下的废料输送线上，不小心从废料入口跌落下去受伤的情况时有发生，因此安全问题不容忽视，需对废料入口加装防护措施，如图 5-46 所示。

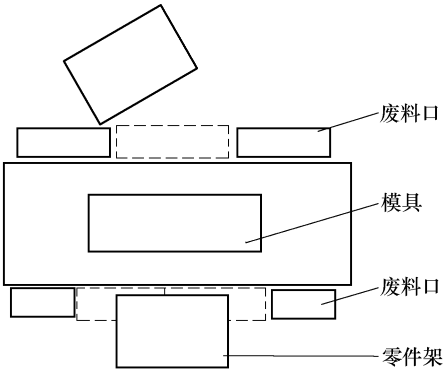


图 5-48　废料口布置图示例

思　　考

1. 废料输送线爬坡的角度设为多少较合适？为什么爬坡时废料没有发生滑落？

2. 根据自产最大废料量，计算使用 **1**m 宽废料输送线且其运行速度为 **10**m/min 能否满足承载要求。

3. 为什么小压力机的冲压废料要“缓缓”地倒入废料输送线上？

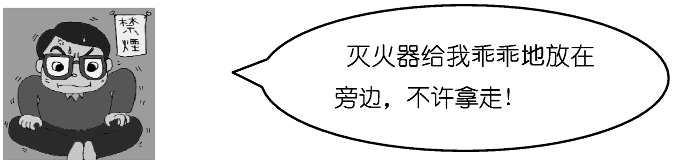
5.9　冲压用辅助设备

冲压生产中，除了主用的压力机，常常还会用到其他的辅助设备，如电焊机、等离子切割机、电子秤、电动夹钳、电动升降台、皮带输送机、叉车、手动液压叉车、电动装模叉车、还有废料输送线及废料打包机等。

1. 电焊机

冲压生产常常要现场对模具作简单处理，以满足生产的急需。如毛刺大、模具刃口崩裂等，需对模具作补焊处理。

由于生产现场(包括压力机下的地坑)常常多油，电焊的火花有引起失火的危险，因此在电焊时，要有严密的防火措施及监控。



2. 等离子切割机

可以通过靠板，手动快速切割零件(见图5-49 和图5-50)。

切割断面一般需打磨，切口宽度比氧乙炔焰切割的切口宽1.5 ~2 倍，板厚越大，切口宽度越大。等离子的切割速度对厚度为2mm 以下的板料为8.5 ~10m/min。

等离子切割一般用于冲压件改型或试制的情况。

切割零件也可以用较先进的数控激光切割机，速度较快，精度较高(尺寸偏差 < 0.1mm)，切缝窄(0.1 ~0.3mm)，切口光滑平整，没有毛刺和飞边，但成本要高于等离子切割。

图5-49　简易数控等离子切割机

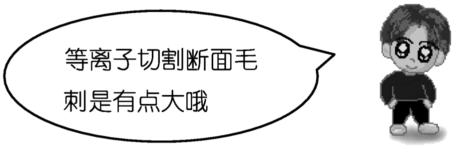


图5-50　等离子切割机切割的断面

3. 电子秤

钢材进厂要使用电子秤进行重量校核，以便精确管理。电子秤有地秤，也有吊秤。

用得较方便的是吊秤。将吊秤安装在吊钩上，当起吊钢材时，钢材的重量随之显示。吊秤要占用0.6m 左右的高度空间。

4. 电动夹钳(见图5-51)

主要用在有开卷线的工厂。夹钳的两个钩子将卷料夹住，夹臂可向里或向外移动。夹钳的高度有的近2m，设计桥式起重机的起吊高度时要将其考虑进去。

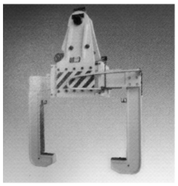
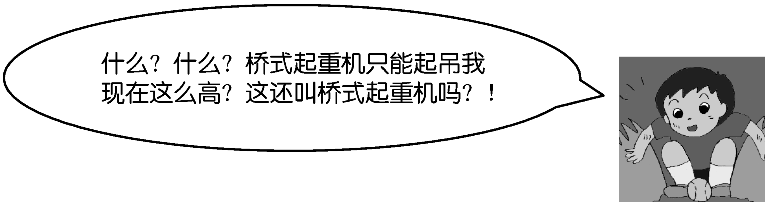


图5-51　电动夹钳



夹钳的最大开口尺寸要比起吊的最宽卷料尺寸大 20mm 以上，但不要超过夹钳开口的伸缩行程，以便于其方便地钩住卷料。

5. 电动升降台

可以电动升降的放料台，一般放在中大型冲压件的第一序工位，将要冲压的毛坯材料放在台上，高度位置可以进行电动升降调节，如图 5-52 所示。

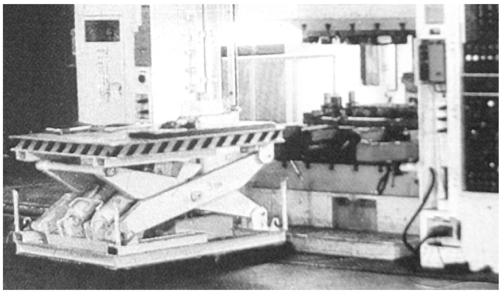


图 5-52　电动升降台

1）升降台台面尺寸的确定：为了减小升降台的体积及降低采购成本，台面尺寸可以小于所放的最大毛坯料 200mm，如果材料发生下垂，可以在台面上垫几条长枕木来解决。

2）升降台升降高度的确定：

台面最大升起高度(加枕木) = 最大下模高度 + 设备工作台高度

即升降台台面(加枕木)与装在设备上的下模定位高度相近，让工人把料往下滑到模内，尽量避免工人抬料，降低工人工作强度。

电动升降台对装模换模频繁、升降台需经常搬移的工位，使用起来可能会有些不便。

6. 皮带输送机

冲压联线生产时，连接前后设备的传输设备。

皮带输送机有高度可以调节的，也有高度固定式的。

对固定高度的皮带机，如果影响了操作，可以将皮带机垫高或给操作工垫脚踏板。

目前，皮带机的端头都带感应器，当工件输送到端头时，操作工还来不及取件，感应器将作出反应并使皮带机暂停，避免了冲压件摔下来或造成工人手忙脚乱，出现安全事故。如果是老式皮带机，可以进行改造。

7. 叉车

可对冲压毛坯、冲压半成品、冲压成品、冲压废料等进行搬运周转。

现代化的中大型自动冲压生产线，基本不用叉车，冲压成品通过输送挂链直接传送到库房。

我国台湾的汽车行业，冲压物流主要靠叉车(叉车有使用灵活,快捷的特点)。

我们的物流用桥式起重机相对多一些，有些工厂出于安全考虑，不许叉车进入。用桥式起重机的特点是，不像叉车需要周围有叉车行走的空间，尤其是设备间距较小的情况。但如果设备的横梁是前后突出的，桥式起重机的吊运就会出现盲区，要借助叉车等其他物流装备。

叉车的选用要根据所叉重物的重量、叉车转弯半径、叉车运行允许空间、叉长、叉距等来确定。

8. 液压叉车或电动托盘叉车

这两种叉车适用于运送距离短，或搬运重量 2 ~ 3t 的零件，如图 5-53 和图 5-54 所示。

当叉车或桥式起重机运送不便或忙不过来时，可用手动液压叉车或电动托盘叉车。这类叉车较小场地就可使用，也不占用太大地方，不足之处是其举升高度仅 100 多毫米，如果场地有陡直凸台(如移动工作台导轨)，则难以越过(也不允许越过)，另外手动液压叉车满载

时人工操作较吃力。

图 5-53　手动液压叉车

图 5-54　电动托盘叉车

9. 电动装模叉车

图 5-55 所示为搬运小压力机用模具的叉车，也可用于其他货物的运送，能电动升降。还有一种液压的装模叉车，升降时要人工不断下压才可升起，效率低，操作吃力，但使用经济。

装模用电动叉车参数的确定：

1）叉车的承载能力：叉车的承载能力要超过需叉运的最大模具(零件箱、架)的重量与负荷余量系数的乘积(这里负荷余量系数取 1.2)。

2）叉车的提升高度：根据放在模具架(见图 5-56)上最高处模具下平面的高度加一定余量来确定。

3）叉车的叉距：叉车两个叉子的间距。由于模具尺寸有大有下，模具下垫枕木的数量和位置各异，因此对叉车的叉距要求不同，如果叉距能够调节，使用起来就更方便了。

图 5-55　电动装模叉车

图 5-56　模具架

4）抗偏载能力。在只能有一个叉子叉在模具下面时，叉车要能够承受偏心力（当叉车单叉把模具叉出来后,要手工把模具移正后再叉运）。

5）叉车货叉的长度：根据需叉运物品的长宽尺寸、垫上枕木后模具的宽度，及工作场地来确定货叉的尺寸。

叉车的前轮与叉子前端的距离如果太短，当设备工作台下端凸起较宽时，就会出现叉车靠近后，叉子仍然不能靠紧工作台的情况。

6）回转半径。如果运模的操作空间较小，就要考虑叉车的回转半径及外形尺寸了。

思　考

如果你所在的工厂需要一台装模叉车，根据你们厂的情况，你应该选电动还是液压的？叉车的参数是什么？

第 6 章　设备的管理及维护

6.1　新设备进厂要作哪些准备

6.1.1　新设备到厂前的准备

1. 设备安装条件的准备

选定设备安装位置，配合设备厂家处理好设备安装地基的精度，使之符合设备安装要求。

2. 工厂基本条件的交流

设备在生产厂家包装前(甚至是设计时)，就要将工厂的相关环境，尤其是较特殊的环境告知生产厂家，如桥式起重机吨位、桥式起重机轨顶高(桥式起重机行走轨道上平面到地面的距离)、地面承重量以及工厂的厂门和车间门的宽度、高度及坡地的倾斜度等，以便于生产厂家作相应准备。如确定运输包装的规格；考虑是否需要因桥式起重机的吨位不够而在外面租吊车；考虑加长车在上坡进厂门时，尾部伸出的零件部分如果会碰到地面，是否需要准备一些枕木等辅助的运输用品。

3. 工厂安装场地的准备

将设备安装场地周边的地面物品清理干净，为设备拆包和安装留出足够的场地。

6.1.2　新设备的包装查验

1）首先清点包装箱的数量是否与设备厂家提供的包装清单数量相符。

2）检查外包装是否破损，设备外露部分是否有碰伤、碰坏的地方，并拍照留证。

3）配合设备厂家对包装箱拆包，发现问题拍照留证。

4）检查对管线的包装是否作了防尘防锈处理。

5）对箱内物品要对照包装箱清单进行查验，检查内容包括合同规定的设备备品、备件、设备说明书、压力容器检验报告等附属物品和资料。如果发现其数量与清单不符，要当面向设备生产厂家进行交涉，双方签字备案。

6）对设备厂家移交的备品、备件、工具、技术资料要办好交接手续，纸质技术资料要存档保管。

6.1.3　开包后设备零部件的查验及处理监督

1）对涉及设备隐蔽工程的零部件要进一步检查有无表面异常，焊缝是否有表面缺陷等。

2）对已发现的管线内部锈斑及杂质是否作了认真处理。

3）对表面精度要求较高的缸体(液压机)、连杆部件等间隙配合件的清理是否到位，是

否存在表面质量缺陷及其他目视缺陷。

对所有前期发现的问题都要作记录，设备厂家对问题的处理也要相应地记在后面，见表6-1。也可以与后期设备验收的内容合二为一。

表 6-1　设备包装及清点问题清单

设备型号：　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　编号

日期	包装箱号	零部件名称	问题点	图示	设备厂家意见	处理结果

思　　考

1. 设备到厂前要做什么准备工作？
2. 包装箱里的设备技术资料怎样处理？
3. 设备包装箱开包，我们是否只是提供帮助？
4. 设备如有问题是否直接和厂家的设备安装人员口头说一下就可以了？

6.2　怎样制订设备的检修计划

设备检修计划分为两类，一类是预检修计划，一类是临时检修计划。

预检修计划：按照设备零部件的磨损规律和使用寿命而制订的定期检修计划。此类检修属于强制性修理。

临时检修计划：通过定期检查，查明设备零部件的状况和设备的精度状况，有针对性地制订特殊检修计划。

6.2.1　设备的精度与设备状态的关系

设备精度指数：将设备的实际测量精度值与规定的容许值进行对比，其值为设备精度指数。

$$\text{设备精度指数 } T = \sqrt{\frac{\sum(\text{精度实测值}/\text{精度容许值})^2}{\text{测定项目数}}}$$

设备精度指数是设备验收、修理和更新的依据。设备精度指数越小，说明设备的精度越高，见表6-2。

表 6-2　设备精度与设备状态的关系

设备状态	精度指数要求	设备状态	精度指数要求
新设备	≤0.5	设备需大修	2～2.5
设备大修后验收条件	≤1	设备需大修或更新	>3
设备可以使用	1～2		

6.2.2　设备计划修理的类别

按照设备修理的工作量及其性能的恢复程度，可将设备修理分为大修、中修和小修。

1. 设备大修工作内容

1）设备全部拆卸分解。

2）修理基准件。

3）更换或修复主要大型零件及所有不符合要求的零件。

4）磨削或刮削全部导轨刮研面。

5）恢复原有精度，达到出厂标准或精度检验标准。

6）全部内外面打光，刮腻子，喷漆。

2. 设备中修工作内容

1）设备部分拆卸分解。

2）修理主要零件、基准件。

3）更换或修复那些不能使用到下次修理时的零件。

4）局部补漆。

3. 设备小修工作内容

1）部分拆卸零件。

2）清理积屑。

3）调整零件间隙与相对位置。

4）更换不能使用至下次修理时的零件。

大、中、小修工作量的比例为：中修为大修工作量的 56%，小修为大修工作量的 18%。

思　　考

1. 什么情况下，设备需要大修？
2. 检修计划有哪几种？
3. 机床部分拆卸分解是什么类型的修理？

6.3　压力机的基本保养规范是什么

冲压生产需要具备的先决条件之一是冲压用设备——压力机。压力机维护保养得好，故障就少，寿命就长。

1. 压力机基本维护保养的责任制

压力机的日常维护保养：对单人操作，一班作业的设备，实行操作者个人负责制；对多班作业或几个人同时操作的设备，由机台长负责。

压力机的一级保养：以设备维修人员为主，设备操作人员配合。

2. 压力机的日常保养内容

压力机日常保养是保持设备处于完好的状态，并预防事故的积极措施，要求每班必作。其具体内容是：

1）对设备进行润滑和基本动作检查。

2）严格按照操作规程使用设备，发现问题及时反馈。

3）下班前对设备进行认真的清扫擦拭，并将设备状况作交接记录。

4）对设备保养要进行三扫一评。三扫是指每天下班前、每个周末、每个月末都需对设备进行彻底清扫、保养擦拭和上油；一评是指设备管理部门每月组织有关人员对设备保养情况进行检查评比。

3. 设备的一级保养

机械部分：按计划对设备局部和重点部位进行拆卸、检查，彻底清洗外表和设备内部，疏通油路，清洗和更换油毡、油线、过滤器；检查设备运动零部件的合理配合间隙；对零部件作进一步紧固。

电气部分：清理维护线路及接头部位，对外绝缘皮脱落处要及时作好绝缘防护，检查线路接头有无松动及杂乱等现象。

液压部分：检查各个管阀有无密封不严、漏油等现象，定时更换清理油路的过滤装置及油箱，更换污染的液压油。

一级保养的目的：减少设备磨损，延长设备使用寿命。

一级保养的效果：去黄袍，清内脏，漆见光，油路通，油窗亮，设备操作灵活，运转正常。

一级保养的周期：按设备实际运转台时500h为宜，一般两班制生产的设备，每运转2～3个月进行一次保养。

6.4 液压机具体如何检查保养

1. 液压机的具体检查保养项目（见表6-3）

表6-3 液压机检查保养项目

序号	检查项目	检查周期			
		每天	每周	每三个月	每年
1	滑块及工作台	●			
2	导轨	●	◎		
3	导轨间隙			■	
4	缸体/活塞		●		
5	滑块连接环/连接板			◆	
6	快速换模装置	●			
7	极限开关/接近开关	●	◆▲		
8	电子尺			●	
9	安全开关			◆▲	
10	缓冲器及调整装置		●		
11	滑块上升装置			●	

（续）

序号	检查项目	检 查 周 期			
		每天	每周	每三个月	每年
12	滑块防落装置及互锁开关		●▲		
13	光电保护	●	▲		
14	润滑器	●	◎		
15	润滑接头		●		
16	液压油及滤网				▼★
17	法兰及管接头		●	◆	
18	触摸屏/控制器	●			
19	紧急停止按钮	▲			
20	电线绝缘层/端子				●◆
21	压力表及压力开关		●		

注：●—检查及清理；◆—检查及锁紧；◎—补充润滑油；▼—清理及更换；■—检查及调整；★—补充液压油；▲—执行功能测试。

2. 液压机适用的液压油种类

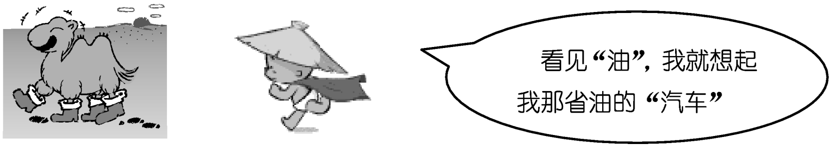
液压油要符合液压机的使用要求，否则会直接影响液压机的正常动作性能，见表 6-4。

表 6-4　液压机适用油的种类

名称（中英文）	品名	运动粘度/cSt①		相对密度（15℃）	闪点/℃	流动点/℃	符合国际规范
		40℃	100℃				
YB-N46 抗磨液压油							
英国石油 (BP)	Energol HLP 68						△ ISO HM △ DIN HLP △ DIN 51524PART2
加德士 (CALTEX)	Rando HD 68						△ U. S. Steel 127 △ DIN 51524PART2
康菲 (CONOCO)	DECTOL R&O OIL 68	65	8. 6		226	-30	△ DIN 51524PART2 △ ISO HM
德国埃森 (ESN)	HYDRAULIC 68						△ IS06743/4HM △ DIN HLP △ DIN 51524PART2
埃索 (ESSO)	Nuto H 68	64. 5	8. 5		220	-30	△ ISO HM △ DIN HLP
美孚 (MOBLL)	MOBIL DTE 26	61/68	7. 9	0. 881	204	-18	△ ISO HM △ DIN HLP
壳牌 (SHELL)	Tellus OILS 68	68	8. 7		225		△ ISO HM △ DIN HLP

① 1cSt = 10^{-6} m²/s。

液压油与温度的关系是：温度越高，黏度越小，40～50℃是液压油最适用的安全温度。



6.5　液压机常见故障原因怎样判断

液压机常见故障的分析和解决方案见表6-5。

表6-5　液压机常见故障的分析处理

滑块无压力或无动作		
序号	问 题 判 断	问 题 解 决
1	遥控调压阀压力设定太低	调高设定压力
2	电动机转向错误	调换电源线其中两条的位置
3	电动机与泵间联轴器损坏	检查联轴器连接橡胶，若有损坏更换同规格
4	液压油油量不足	液压油量约为油箱容量的80%
5	泵出油接头松脱或软管破裂	检查泵出油与油路板入油间软管接头并锁紧
6	油压阀件因异物卡死使液压油回流至油箱中	按照油路图检查电磁阀动作是否正常，检查主调压阀、逻辑阀及溢流阀管路，并拆下清洗
7	行程控制开关信号异常	拆下行程控制组盖板，清除控制开关表面及感应灰尘、铁屑等
8	手动按钮接触不良或电线松脱损坏	检查电线是否断裂及控制接点是否正常
9	电磁阀线圈烧毁	同等规格更换
10	溢流阀弹簧断裂以致无法升降	同等规格更换
工作压力不足		
序号	问 题 判 断	问 题 解 决
1	压力表异常	检查压力表及旋塞有无异物阻塞
2	泵出油软管接头松脱	锁紧软管接头
3	调压阀、逻辑阀或溢流阀未完全关闭	杂质阻塞阀杆开关部位，拆下清洗
4	选用的液压油黏度太低，油温太高或油黏度已变低	按要求选用液压油，油温应保持不超过55℃为宜
5	泵油封磨损	同等规格更换
6	泵磨损	同等规格更换
7	电阻阀心轴磨损以致泄漏	同等规格更换
滑块或液压垫动作太慢		
序号	问 题 判 断	问 题 解 决
1	液压油不足	液压油量应为油箱容量80%

（续）

滑块或液压垫动作太慢

序号	问 题 判 断	问 题 解 决
2	滤油网阻塞	拆下油网，将表面纤维异物用空气喷枪由内向外清除后再装回
3	选用液压油黏度太高或油温太低	按规格选用液压油
4	油压阀未完全关闭，使部分液压油流回油箱	杂质阻塞调压阀阀杆，应拆下清洗

油压缸组或管路漏油

序号	问 题 判 断	问 题 解 决
1	油压阀或法兰固定螺栓未锁紧	检查 O 形环（密封圈）
2	管路接头太松或太紧	锁紧接头螺母，或更换接头套管
3	O 形环损坏或脱离	同等规格更换
4	U 形密封圈弹性疲劳或损坏	同等规格更换

异常噪声

序号	问 题 判 断	问 题 解 决
1	联轴器松动或联轴器橡胶磨损	检查联轴器间隙是否适当
2	滤油网不洁	拆下清洗表面纤维等异物
3	泵吸油管吸入空气	检查油面高度并使油面必须超过滤油网
4	联轴器未对准	重新对准电动机及泵轴，同心精确度在 0.1mm 内，并使用挠性联轴器

滑块动作异常

序号	问 题 判 断	问 题 解 决
1	液压垫无慢速动作	重新设定慢速信号位置
2	液压垫无快速下降动作	导板与滑块接触面过紧，重新调整
3	电磁阀动作异常	参照油路图的电磁阀动作图，检查电磁线圈是否烧毁
4	行程控制开关接触不良或损坏	同等规格更换
5	滑块运行时有抖动现象	1）系统内积存空气或泵油口进气，检查吸油管路是否松动，并打开放气阀排气
		2）精度调整不当或导轨缺润滑油，需加油并重新调整
6	滑块慢速下行带压过高	支撑压力过大，调整压力阀
7	停车后滑块下溜	1）回程缸密封圈渗漏，需更换
		2）调整压力，检查阀口

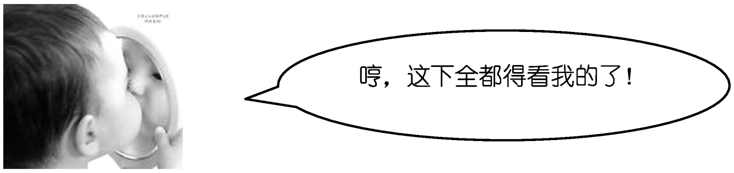
压力表指针摆动大

序号	问 题 判 断	问 题 解 决
1	压力表油路内存有空气	上压时略拧松管接头放气
2	管路机械振动	将管路卡紧
3	压力表损坏	更换新表

（续）

序号	问题判断	问题解决
高压行程速度不够，上压慢		
1	泵磨损或烧坏	若泵回油口漏损大时应拆下检查
2	系统内漏严重	首先检查充液阀是否关闭，再分别检查各部件密封圈是否损坏
主缸泄压振动大		
序号	问题判断	问题解决
1	卸压阀开启量过小	调整卸压阀的开启量
2	泄压时间过短	调整卸压延时
电动机无法起动或跳闸		
序号	问题判断	问题解决
1	熔体完好，开关跳闸	检查电源线路是否短路，电源线端子是否锁紧
2	电动机过载保护跳闸	1）检查过载保护器设定电源数是否正确，按1马力①3安培(A)计算 2）工作压力应设定在许用最高压力之内，不可超过 3）低压泵卸载压力设定不可太高 以上检查无误后再合上跳闸开关操作
3	熔体(俗称保险丝)烧断	控制电路有短路发生，检查手按钮电线是否有破损及电控配件是否烧毁后再更换熔体

① 1马力 = 735.449W。



思　　考

1. 设备运行时振动厉害是怎么回事？
2. 滑块无动作可能是什么原因造成？
3. 滑块往下滴油可能是什么原因？

第 7 章　质 量 检 验

7.1　冲压质量检验主要有哪些项目

冲压的质量状态关系到整个产品的质量状态。冲压质量有问题，就有可能影响到产品的使用强度、使用寿命、使用性能、使用美观度，以及使用的安全性，因此冲压件的检验是冲压生产的重要环节。

冲压装配及产品精度检验需要相关人员配合，本文中的冲压检验主要指常规的冲压检查项目。

1. 尺寸精度

尺寸精度包括轮廓尺寸精度、型面尺寸精度、孔位尺寸精度、孔径尺寸精度和翻边尺寸精度等。

尺寸精度检查不但要单工序检查，常常还要追踪检查。如第一序(落料工序)完成后要查验零件的孔径(见图 7-1)，在图 7-2 所示的第二序(成形工序)中除了检查零件的成形高度，还要检查第一序冲的孔在第二序成形后有无变化。

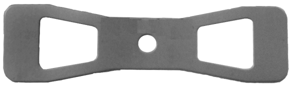


图 7-1　第一序(落料、冲孔)

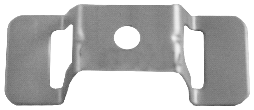


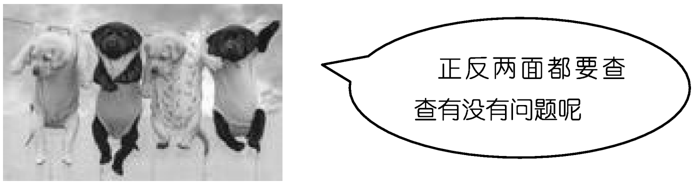
图 7-2　第二序(成形)

2. 性能检测

性能检测主要有以下内容：一是缩颈，也叫暗伤；二是拉毛；三是刚性。

(1) 缩颈　当材料受力达到一定程度时，在冲压件上出现局部减薄收缩的现象，如图 7-3 所示。

缩颈的表面特点：①缩颈处材料较正常处发涩、发白。②缩颈处材料变薄严重。③缩颈有时发生在材料的单面，如在冲压件正面没有发现缩颈，但在其反面有可能产生缩颈现象。



缩颈主要发生在棱线附近及侧壁等变形较剧烈的位置。

发生缩颈的材料在强度上会受到较大影响，如果汽车车身零件出现缩颈，一是在随后的烤漆过程中缩颈处可能会发生裂纹，二是在汽车行驶的振动中也有可能会出现裂纹，因此冲压件一般是不允许产生缩颈现象的。

(2) 拉毛　在冲压件上出现的呈条状或深浅不一的线痕，如图 7-4 所示。

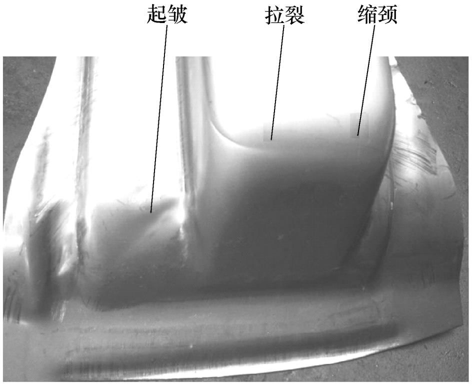


图 7-3　拉深件质量问题实例

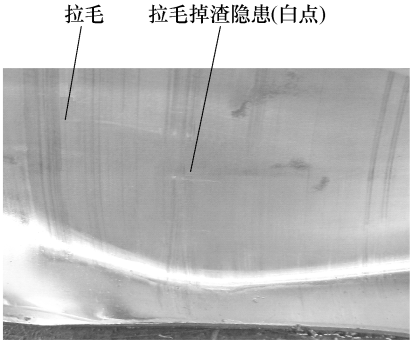


图 7-4　拉毛实例

深浅不一的拉毛线痕，是材料内部的颗粒、材料和模具表面上的杂质以及模具进料路径上的气孔，在材料流动时，对材料进行的阻抗痕迹。

拉毛就是把材料以线状的形式挤薄，挤出来的材料呈颗粒状，或者沾黏在模具上，继续加大对材料的拉毛程度，或者掉在模内，形成一片掉渣。

材料被拉毛，反映的是此处材料变薄的程度。拉毛越深，此处材料变薄越严重，也越容易产生应力集中并削弱强度，因此拉毛是不允许产生的。

拉毛易出现在弯曲件的外侧壁上和拉深件的筋部内侧。

（3）刚性　刚性是衡量材料在拉深或成形时是否充分塑性变形的指标。

刚性检测主要是针对面积大、型面变化较少的外观零件，如车门外板。

检测时，用手按压零件表面，如产生“嘭嘭”的声音，或出现按下后许久难以复原的现象，就说明此零件刚性较差。刚性差的汽车外覆盖件在汽车行驶过程中，会产生较大的噪声，且容易变形。其他类零件一般不作此项检查。

3. 外观检测

外观检测的主要内容有：棱线清晰度、圆角大小均匀性、划伤、坑包、变形、凸凹、冲击线、滑移线、起皱及材料流动痕等。

（1）凸凹　指外覆盖件或对外观有要求的零件出现型面不光顺、局部凹陷（瘪塘）或局部凸起的现象。

（2）冲击线　材料在拉深或成形过程中，位于模具棱线处的冲压痕迹随着材料的流动移位而出现的线印。冲击线影响外观件和内表件的表面质量，如图 7-5 所示。

冲击线的特点：①冲击线常常有头有尾，是连贯的。②料厚基本与周边一致。③冲击线有凹凸现象，凸的地方在反面是凹的，反之亦然。

冲击线有时和缩颈在表面上较难区分。如图 7-6 所示，整条线都是冲击线，但局部有缩颈现象。

对于难以鉴别的地方，可采用两个办法：

1）破坏法。即将零件的争议部位切割开来，看局部断面料厚有无明显缩颈变薄现象，如没有，则是冲击线。

2）网格分析法。通过网格成形后的状态，判断是否出现了缩颈。如果有线处网格与无线处网格无明显变化，就是没发生缩颈，如图 7-7 所示。如果网格有明显拉长，则说明该处

发生了缩颈现象，如图 7-8 所示。

图 7-5　冲击线实例

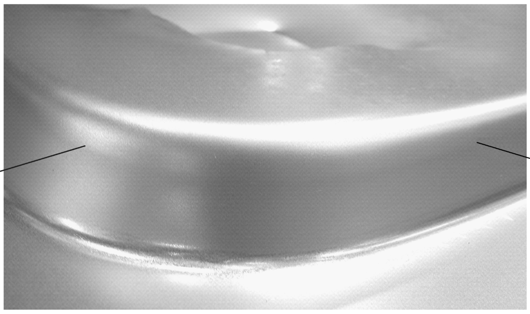


图 7-6　缩颈和冲击线混杂的情况

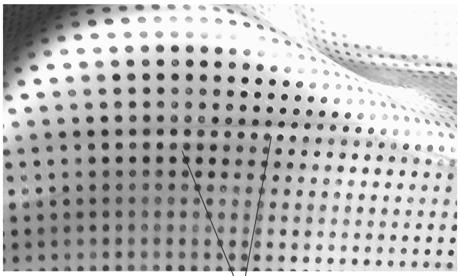


图 7-7　冲击线材料未变薄实例

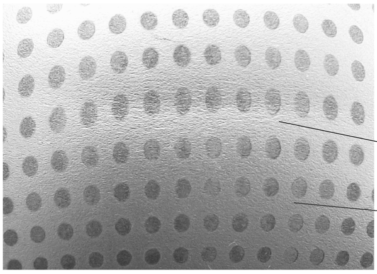


图 7-8　冲击线材料变薄实例

（3）滑移线　材料滑移线，也称为拉伸应变痕，吕德斯带。是指退火的低碳钢薄板在冲压加工时或变形后，由于固溶状态的间隙溶质(C、N)与位错交互作用，使局部突然屈服产生了不均匀变形，在钢板表面产生了条带状皱褶，并使材料强度提高、塑性下降、脆性增加的一种应变时效现象。如图 7-9 所示。

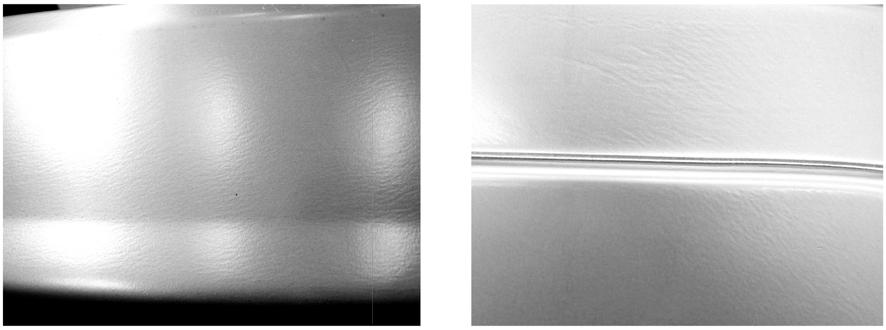


图 7-9　拉深件出现滑移线实例

滑移线在未冲压之前几乎没有痕迹，在冲压后，尤其是拉深或成形后才会出现。

如果材料在未冲压之前以及冲压之后，都显示表面粗糙，则不属于滑移线的问题，而是属于材料晶粒粗大的问题。

（4）起皱　起皱可以发生在任何地方，如图 7-10 所示。

（5）材料流动痕　材料流动痕是拉深、成形必然要产生的痕迹，如图 7-11 所示。问题

的关键是控制其“流动”的度。对外观零件来说，是不允许流动痕蔓延到型面上来的。

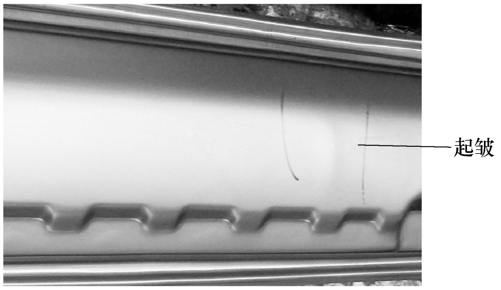


图 7-10　内表件的起皱实例

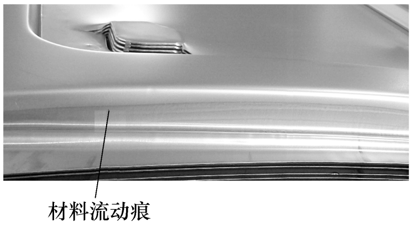


图 7-11　材料流动痕实例

材料流动痕与拉毛不同，流动痕是必然要产生的，拉毛是受外在原因影响，不一定会产生。当然，流动痕中有时会掺杂着拉毛，但拉毛现象可以通过对模具抛光或对材料清洁来加以解决。

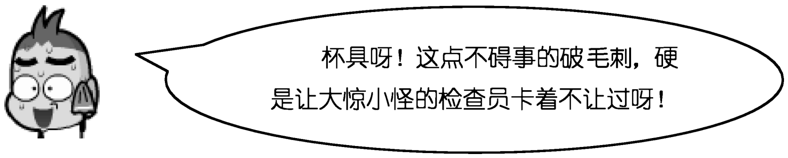
（6）材料变薄率　材料变薄率是指拉深后材料的厚度与拉深前材料的厚度之比。

材料变形最剧烈的区域，不能超过允许的材料变薄率。一般此项内容的检测是在模具验收或是有质量争议的情况下进行的，不属于平时生产常规检测的项目。

4. 一般零件的其他检验项目

对外观没有严格要求的一般零件，除了直接影响尺寸精度和性能的质量问题，还要作毛刺高度的检查。

毛刺高度分为几个等级，用户可以根据零件的用途来确定执行的等级标准。对非装配接触面及非外观面，毛刺的要求可以适当放松；对有装配关系的边或孔，毛刺高度的等级要适当地高一些。例如要焊接凸焊螺母的孔，毛刺高了螺母与冲压件贴合不牢，会影响螺母的焊接强度。



5. 其他检测项目

用户可根据产品的特殊要求，制订特殊的检测项目，如有的零件需要断面质量较高，就可以对冲裁断面的斜度和光亮带制订一个检测标准。

思　考

1. 冲压性能检验主要有哪几项内容？外观检查主要检验哪几项？
2. 什么是滑移线和冲击线？
3. 冲击线和缩颈的区别是什么？
4. 如果分不清到底是冲击线还是缩颈，我们可以采取什么措施来解决？
5. 拉毛的冲压件材料有无变薄？

7.2　冲压质量检验有哪些常用手段

7.2.1　冲压检验常用工具、量具

1）三坐标测量仪：精密、多维、全方位测量冲压件及冲压产品的仪器。

三坐标测量仪的精密度可以达到 5μm。

2）检具：用来对冲压件进行全面检测的手工测量用品。

检具主要是检测冲压成品件，用在空间尺寸难测量、精度要求高、产品产量大的情况。如检测冲压件的型面、轮廓、孔位等是否符合规定的要求。图 7-12 所示为检具示例。

3）卷尺：主要用来测量冲压用材料及大型零件的尺寸。

4）千分尺：用来检测材料及冲压件的料厚。

5）游标卡尺：用来测量孔径、材料料厚及其他要求较精确的尺寸。

6）钢直尺：用来测量较小的尺寸，如冲压件的翻边高度、弯曲件的开度，以及要求不是太高的孔位、孔径等。

7）间隙尺：生产现场用来测量圆孔孔径或工件与模具的贴合度等物与物之间的间隙值，如图 7-13 所示。

8）角度尺：主要用来测量翻边和弯曲的角度。

9）细油石：常用规格为 20mm × 20mm × 100mm。对于难以接触的地方，可用 ϕ8mm × 100mm 的半圆形油石。油石粒度一般选 320 号到 500 号。

10）测力仪：用来比较测量零件的刚度。

11）自制毛刺卡板：用一个经过精密加工的 2.5mm × 30mm × 30mm 的不易生锈的金属板，4 个凹角各设一个毛刺标准高度，并做上标记，使用起来很方便，如图 7-14 所示。

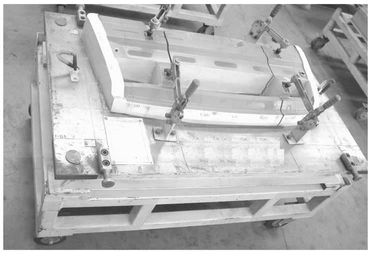


图 7-12　检具示例

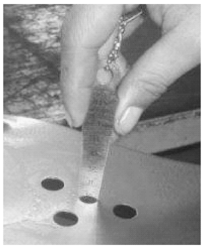


图 7-13　间隙尺检查孔径

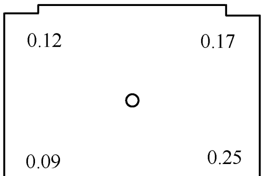
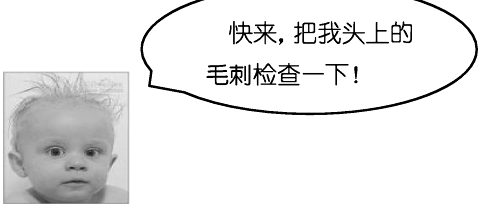


图 7-14　毛刺卡板示意图



7.2.2 冲压质量检验方法

除了三坐标检测和检具检测，生产现场对一般精度要求的冲压件主要采用与冲压样件对比检测的方法。

1. 冲压件一般手工检测方法汇总

一般精度冲压件手工检查方法见表 7-1。

表 7-1 一般精度冲压件手工检查方法

序号	项　　目	使用工具	检查方法
1	尺寸精度	钢直尺、卷尺、游标卡尺	1）手工直接测量 2）冲压样件比较测量
2	尺寸稳定性		目视叠放的冲压件边缘是否整齐
3	毛刺高度	游标卡尺、毛刺卡板	1）对比料厚测量 2）直接测毛刺的高度
4	拉深、成形到位度		参照样件，目视冲压件到位标记的轮廓深度
5	冲击线、滑移线等		目视
6	缩颈		1）目视 2）作破坏性试验，检查疑似缩颈断面是否急剧变薄
7	型面光顺度	灯光或日光，油及油刷，细油石	1）戴线手套平稳来回触摸，感觉凸凹情况 2）光照目视 3）均匀涂机油：酒精为 1∶8 的液体，光照 4）油石打磨查痕迹
8	弯曲度	钢直尺、角度尺	1）测量弯曲角度 2）对比样件测量弯曲件开口尺寸
9	翻边高度、翻边角度	钢直尺、角度尺	1）测量翻边角度 2）测量翻边高度
10	型面贴合度	钢直尺、游标卡尺	冲压后零件不要取出，测零件与模具型面的间隙
11	零件刚性	测力仪	1）用手压按零件，对比与样件的触感、音感差别 2）用测力仪对零件的同部位测量同压深度抵抗力的大小

2. 冲压检测方法注解

1）用钢直尺进行现场尺寸检测。对圆角较大的线段、孔位做对比检测，如图 7-15 和图 7-16 所示。

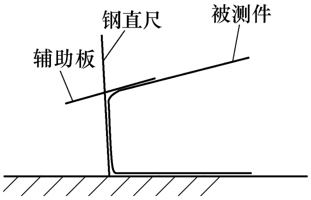


图 7-15　外轮廓检测方法

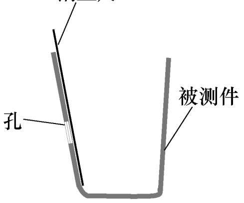


图 7-16　内轮廓对比检测方法
采用同样的位置测量样件与被测件，再将二者进行比较

2）拉深、成形到位标记，如图 7-17 所示的圆圈线。一般模具会在型面两端做两个以上的标记。冲压时如果到位线未出或只压出一部分，说明成形深度未达标，闭合高度还需再调小一点。

需要注意的是，到位标记需要处于标准位置，如果模具的到位销本身做得浅，或有其他问题，就不能一律按到位的深浅调闭合高度，否则有可能压坏模具。一般拉深时，还要同时查看模具的其他成形线，如图 7-18 所示。如果下成形线很清晰，就说明已经到位了。

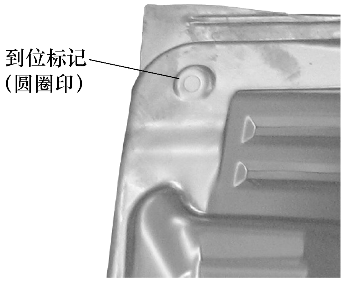


图 7-17　拉深件到位标记实例

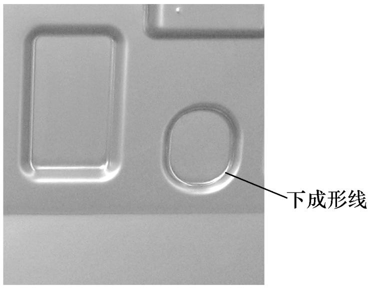


图 7-18　成形线到位标记

另外，到位度也可以参考样件，参考条件是拉深样件只压过一次。如果样件是放在模具内保管，每次装模时，可能又被施力，实际到位标记就会发生变化，这样的样件就不能再用作到位参考。

3）用油石检查零件外观型面光顺度的具体操作方法：首先用干净的纱布将外观零件的表面擦干净，然后用油石均匀用力打磨被测表面，有圆弧的地方和难以接触到的地方用尺寸更小的油石打磨。油石粒度的选择取决于被检测表面状况（如表面粗糙度、镀锌等）。

油石打磨的方向如图 7-19 所示。打磨时要贴合冲压件的表面，用力要均匀。部分特殊的地方还可以补充横向的打磨。油石在板材的表面上每次运行的痕迹宽度要超过油石宽度的一半以上，调整油石与运行方向的角度，可以增加运行面积的宽度。

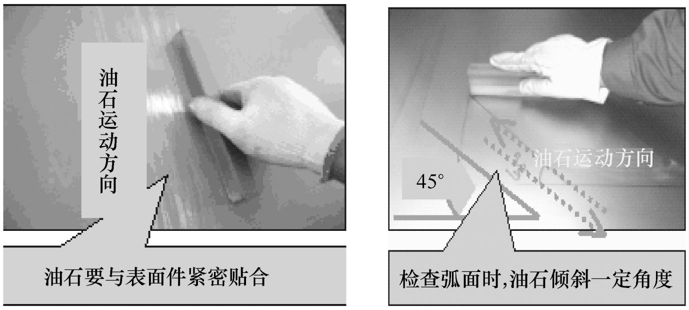


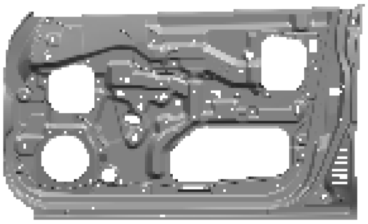
图 7-19　油石打磨示意图

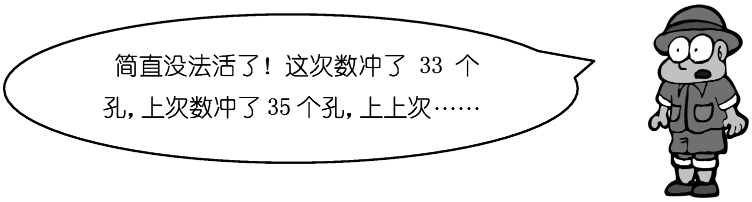
油石打磨后，如果冲压件表面光顺，油石打磨过的痕迹目视是一致的。如果某处磨损较重，发亮，说明此处偏高；如果某处打磨痕迹较少或间断，颜色较暗，说明此处有凹陷（见图 7-20 和图 7-21）。为了使痕迹更明显，也可以在冲压件表面涂上红丹粉再打磨。

4）冲孔数量检查。检查冲孔数量很多的冲压件，简单的方法是，将本工序的样件放在待检件上面，如果有孔没有冲掉，那么从上面看，孔是不通的。

图 7-20　油石打磨凹坑效果图

图 7-21　油石打磨凸线效果图





5）冲压稳定性。冲压稳定与否，不用每件测量尺寸，只需看叠放的冲压件两侧是否平齐，再将样件放在上面，看边及孔是否依然平齐。

如果样件的边与下面叠放的冲压件的边不一致，说明新冲的冲压件尺寸有偏差；如果叠放的冲压件的边不齐，说明冲压不稳定。

不论成形件或冲裁件，都可以参照此方法检验稳定性，如图 7-22 所示。

6）弯曲回弹度。测量弯曲回弹度，除了用角度尺测量外，较方便的方法是直接对比标准样件检测弯曲件的开口张开度，开口越大，说明弯曲回弹越大，如图 7-23 所示。

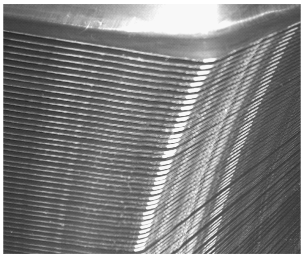


图 7-22　冲裁稳定的冲压件

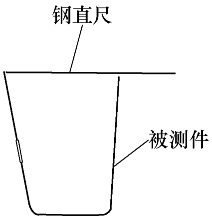


图 7-23　弯曲件开度测量

7）刚性测量，如图 7-24 所示。将测力仪的触头顶住被测面，表的液晶屏上即显示冲压件的抵抗阻力。阻力越大，刚性越好。

测力仪的测头顶入深度因人而异，测力也相应变化，因此可以采用图 7-25 所示的简易方法：一人测力，一人在触头侧的被测件与钢直尺之间捏橡皮泥，橡皮泥的厚度即为触头压入深度。用这种方法可以比较同样零件相同部位的刚性值。

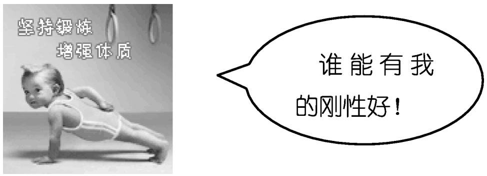


图 7-24　测力仪测刚度

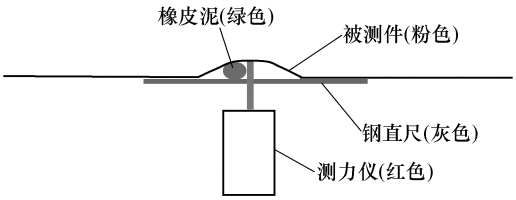


图 7-25　测力仪使用说明

思　　考

1. 查拉深件到位度，如果没有到位标志怎么查？
2. 查拉深件的平顺度，有哪几种方法？什么方法最难学又最简单？
3. 怎样测量带圆角的尺寸？
4. 冲压件的刚性怎样测量？
5. 怎样便捷地检查冲压件的尺寸稳定性？

7.3　剪切公差如何确定

剪切材料的检查内容除了外观检测，即目视检查材料有无锈蚀、坑包、杂质、翘边及划伤等缺陷，还需做精度检测，主要有宽度公差、材料的直线度、材料的垂直度及剪切毛刺等检查标准。

不同的冲压类型，对材料的精度要求不同。有的零件对剪切公差要求很高，如有些级进模用的材料；而对拉深件，有的精度差 0.5mm 质量就有波动，有的精度差 10mm 以上都无影响。因此我们可以参照相关标准，对自用的材料剪切公差作一细分，对尺寸精度不敏感的材料，可以加大公差，以降低剪切设备的调整难度，提高生产率。

1. 机械行业的剪切标准（JB/T 4381—2011）

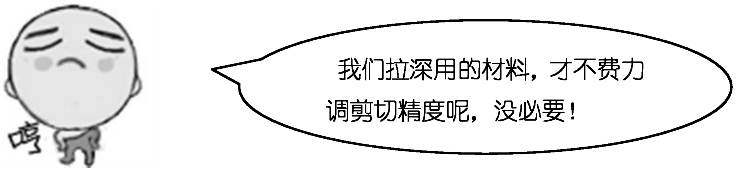
剪切标准中公差大小的基本规律如下：

1）剪切宽度公差：剪切长度越小，材料越薄，剪切宽度公差就越小。

2）剪切直线度公差：剪切长度越小，材料越薄，剪切直线度公差就越小。

3）剪切垂直度公差：剪切长度越小，材料越薄，剪切垂直度公差就越小。

4）剪切毛刺允许值：剪切材料厚度越小，零件精度等级要求越高，剪切毛刺允许值就越小。



2. 日本汽车行业常用的剪切标准介绍（见表 7-2～表 7-4）

表 7-2　剪切宽度的普通尺寸公差　（单位：mm）

公称尺寸	板厚 t							
	t≤1.6		1.6＜t≤3		3＜t≤6		6＜t≤12	
	等级							
	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级
≤30	±0.1	±0.3	—	—	—	—	—	—
＞30～120	±0.2	±0.5	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	—	±1.5
＞120～400	±0.3	±0.8	±0.4	±0.8	±1.0	±1.5	—	±2.0
＞400～1000	±0.5	±1.0	±0.5	±1.2	±1.5	±2.0	—	±2.5
＞1000～2000	±0.8	±1.5	±0.8	±2.0	±2.0	±3.0	—	±3.0
＞2000～4000	±1.2	±2.0	±1.2	±2.5	±3.0	±4.0	—	±4.0

表 7-3　直线度的普通公差　（单位：mm）

剪切长度	板厚 t							
	t≤1.6		1.6＜t≤3		3＜t≤6		6＜t≤12	
	等级							
	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级
≤30	0.1	0.2	—	—	—	—	—	—
＞30～120	0.2	0.3	0.2	0.3	0.5	0.8	—	1.5
＞120～400	0.3	0.5	0.3	0.5	0.8	1.5	—	2.0
＞400～1000	0.5	0.8	0.5	1.0	1.5	2.0	—	3.0
＞1000～2000	0.8	1.2	0.8	1.5	2.0	3.0	—	4.0
＞2000～4000	1.2	2.0	1.2	2.5	3.0	5.0	—	6.0

表 7-4　垂直度的普通公差　（单位：mm）

垂直边长度	板厚 t					
	t≤3		3＜t≤6		6＜t≤12	
	等级					
	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级
≤30	—	—	—	—	—	—
＞30～120	0.3	0.5	0.5	0.8	—	1.5

（续）

垂直边长度	板厚 t					
	$t \leq 3$		$3 < t \leq 6$		$6 < t \leq 12$	
	等级					
	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级
>120～400	0.8	1.2	1.0	1.5	—	2.0
>400～1000	1.5	3.0	2.0	3.0	—	3.0
>1000～2000	3.0	6.0	4.0	6.0	—	6.0
>2000～4000	6.0	10.0	6.0	10.0	—	10.0

思　　考

1. 剪切精度有哪几项标准？
2. 剪切标准的级别怎样确定？A 级别高还是 B 级别高？
3. 根据所生产的冲压件类型的不同，制订 10 个剪切料的尺寸公差。

7.4　冲压质量检验标准有哪些

各国及各地区都有自己不同的冲压质量的检验标准，我们可以根据需要来选用其中的标准，或在此基础上再制订自用标准。

7.4.1　平冲压件尺寸公差

执行标准为 GB/T 13914—2002。

平冲压件尺寸公差分为 11 个等级，即 ST1～ST11。ST 表示平冲压件尺寸公差，公差等级代号用阿拉伯数字表示，从 ST1～ST11 等级依次降低。平冲压件尺寸公差见表 7-5。

表 7-5　平冲压件尺寸公差（GB/T 13914—2002 节选）　（单位：mm）

公称尺寸		板材厚度		公差等级										
大于	至	大于	至	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11
63	160	—	0.5	0.040	0.060	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400
		0.5	1	0.060	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000
		1	3	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000	2.800
		3	6	0.120	0.160	0.240	0.320	0.460	0.640	0.900	1.300	1.800	2.600	3.600
160	400	—	0.5	0.060	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000
		0.5	1	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	1.000	1.400	2.000	2.800
		1	3	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	1.000	1.400	2.000	2.800	4.000
		3	6	0.160	0.240	0.320	0.460	0.640	0.900	1.300	1.800	2.600	3.600	4.800

（续）

公称尺寸		板材厚度		公 差 等 级										
大于	至	大于	至	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11
400	1000	—	0.5	0.090	0.120	0.180	0.240	0.340	0.480	0.660	0.940	1.300	1.800	2.600
		0.5	1	—	0.180	0.240	0.340	0.480	0.660	0.940	1.300	1.800	2.600	3.600
		1	3	—	0.240	0.340	0.480	0.660	0.940	1.300	1.800	2.600	3.600	5.000
		3	6	—	0.320	0.450	0.620	0.880	1.200	1.600	2.400	3.400	4.600	6.600

7.4.2　成形冲压件尺寸公差

执行标准为 GB/T 13914—2002。

成形冲压件尺寸公差分 10 个等级，即 FT1 ~ FT10。FT 表示成形冲压件尺寸公差，公差等级代号用阿拉伯数字表示，从 FT1 ~ FT10 等级依次降低。成形冲压件尺寸公差见表 7-6。

表 7-6　成形冲压件尺寸公差（GB/T 13914—2002 节选）　　（单位：mm）

公称尺寸		板材厚度		公 差 等 级									
大于	至	大于	至	FT1	FT2	FT3	FT4	FT5	FT6	FT7	FT8	FT9	FT10
63	160	—	0.5	0.050	0.080	0.140	0.220	0.360	0.560	0.900	1.400	2.200	3.600
		0.5	1	0.070	0.120	0.190	0.300	0.480	0.780	1.200	2.000	3.200	5.000
		1	3	0.100	0.160	0.260	0.420	0.680	1.100	1.800	2.800	4.400	7.000
		3	6	0.140	0.220	0.340	0.540	0.880	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000
160	400	—	0.5	—	0.100	0.160	0.260	0.420	0.700	1.100	1.800	2.800	4.400
		0.5	1	—	0.140	0.240	0.380	0.620	1.000	1.600	2.600	4.000	6.400
		1	3	—	0.220	0.340	0.540	0.880	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000
		3	6	—	0.280	0.440	0.700	1.100	1.800	2.800	4.400	7.000	11.000
400	1000	—	0.5	—	—	0.240	0.380	0.620	1.000	1.600	2.600	4.000	6.600
		0.5	1	—	—	0.340	0.540	0.880	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000
		1	3	—	—	0.440	0.700	1.100	1.800	2.800	4.400	7.000	11.000
		3	6	—	—	0.560	0.900	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000	14.000

7.4.3　冲压件冲裁角度公差

执行标准为 GB/T 13915—2002。

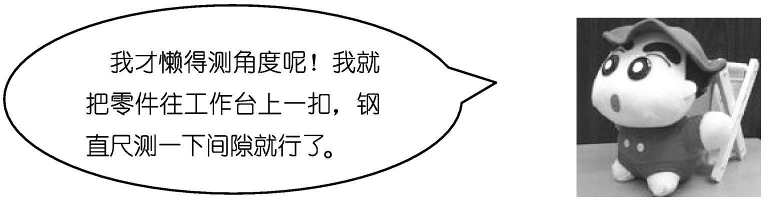
冲压件冲裁角度公差分 6 个等级，即 AT1 ~ AT6。AT 表示冲压件冲裁角度公差，公差等级符号用阿拉伯数字表示，从 AT1 ~ AT6 等级依次降低。冲压件冲裁角度公差见表 7-7。

表 7-7　冲压件冲裁角度公差（GB/T 13915—2002 节选）

公差等级	短边尺寸/mm						
	≤10	>10 ~ 25	>25 ~ 63	>63 ~ 160	>160 ~ 400	>400 ~ 1000	>1000 ~ 2500
AT1	0°40′	0°30′	0°20′	0°12′	0°5′	0°4′	—

（续）

公差等级	短边尺寸/mm						
	≤10	>10～25	>25～63	>63～160	>160～400	>400～1000	>1000～2500
AT2	1°	0°40′	0°30′	0°20′	0°12′	0°6′	0°4′
AT3	1°20′	1°	0°40′	0°30′	0°20′	0°12′	0°6′
AT4	2°	1°20′	1°	0°40′	0°30′	0°20′	0°12′
AT5	3°	2°	1°30′	1°	0°40′	0°30′	0°20′
AT6	4°	3°	2°	1°30′	1°	0°40′	0°30′



7.4.4　冲压件弯曲角度

执行标准为 GB/T 13915—2002。

冲压件弯曲角度公差分 5 个等级，即 BT1～BT5。BT 表示冲压件弯曲角度公差，公差等级用阿拉伯数字表示，从 BT1～BT5 等级依次降低。冲压件弯曲角度公差见表 7-8。

表 7-8　冲压件弯曲角度公差（GB/T 13915—2002 节选）

公差等级	短边尺寸/mm						
	≤10	>10～25	>25～63	>63～160	>160～400	>400～1000	>1000
BT1	1°	0°40′	0°30′	0°16′	0°12′	0°10′	0°8′
BT2	1°30′	1°	0°40′	0°20′	0°16′	0°12′	0°10′
BT3	2°30′	2°	1°30′	1°15′	1°	0°45′	0°30′
BT4	4°	3°	2°	1°30′	1°15′	1°	0°45′
BT5	6°	4°	3°	2°30′	2°	1°30′	1°

7.4.5　毛刺极限值的公差

冲压件毛刺高度极限见表 7-9。

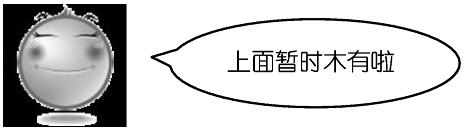
表 7-9　冲压件毛刺高度极限（JB/T 4129—1999 节选）　　（单位：mm）

材料抗拉强度/MPa	加工精度级别	冲压件的材料厚度										
		≤0. 1	>0. 1～0. 2	>0. 2～0. 3	>0. 3～0. 4	>0. 4～0. 7	>0. 7～1. 0	>1. 0～1. 6	>1. 6～2. 5	>2. 5～4. 0	>4. 0～6. 5	>6. 5～10. 0
>100～250	f	0. 01	0. 02	0. 03	0. 05	0. 09	0. 12	0. 17	0. 25	0. 36	0. 60	0. 95
	m	0. 01	0. 03	0. 05	0. 07	0. 12	0. 17	0. 25	0. 37	0. 54	0. 90	1. 42
	g	0. 02	0. 05	0. 07	0. 10	0. 17	0. 23	0. 34	0. 50	0. 72	1. 20	1. 90

（续）

材料抗拉强度/MPa	加工精度级别	冲压件的材料厚度										
		≤0.1	>0.1 ~0.2	>0.2 ~0.3	>0.3 ~0.4	>0.4 ~0.7	>0.7 ~1.0	>1.0 ~1.6	>1.6 ~2.5	>2.5 ~4.0	>4.0 ~6.5	>6.5 ~10.0
>250 ~400	f	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.09	0.12	0.18	0.25	0.36	0.50
	m	0.01	0.02	0.04	0.05	0.08	0.13	0.18	0.26	0.37	0.54	0.75
	g	0.02	0.03	0.05	0.07	0.11	0.17	0.24	0.35	0.50	0.73	1.00
>400 ~630	f	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.11	0.20	0.22	0.32
	m	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.11	0.16	0.30	0.33	0.48
	g	0.01	0.03	0.04	0.05	0.08	0.10	0.15	0.22	0.40	0.45	0.65
>630	f	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.09	0.13	0.17
	m	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.09	0.13	0.19	0.26
	g	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.08	0.12	0.18	0.26	0.35

注：f级（精密级）适用于较高要求的冲压件；m级（中等级）适用于中等要求的冲压件；g级（粗糙级）适用于一般要求的冲压件。



7.4.6　我国台湾某汽车厂用冲压检验标准

1. 毛刺限定

冲压件毛刺高度公差见表7-10，其中加工精度级别1级为最高，3级为最低。

表7-10　冲压件毛刺高度公差（中国台湾某汽车厂标准）　（单位：mm）

加工精度级别	冲压件的材料厚度					
	>0.4~0.7	>0.7~1.0	>1.0~1.6	>1.6~2.5	>2.5~4.0	>4.0~6.5
1	0.06	0.09	0.12	0.18	0.25	0.36
2	0.08	0.13	0.18	0.26	0.37	0.54
3	0.11	0.17	0.24	0.35	0.50	0.73

2. 翻边高度和翻边角度的公差

翻边高度的公差见表7-11，翻边角度的公差见表7-12。

表7-11　翻边高度公差（板厚<3.2）　（单位：mm）

翻边高度尺寸范围	≤10	>10~30	>30~100
1级	±0.50	±0.70	±1.00
2级	±1.00	±1.50	±2.00

注：等级划分：1级—底盘冲压件；2级—车身冲压件。

表 7-12　翻边角度公差

翻边类型	角度公差	翻边类型	角度公差
圆角翻边	±1.5°	其他翻边	±2.5°

3. 拉深轮廓的尺寸公差限定

拉深轮廓公差见表 7-13。

表 7-13　拉深轮廓公差表（板厚 <3.2）　（单位：mm）

孔型	尺寸范围			
	≤30	>30～100	>100～300	>300～1000
圆形	±0.50	±0.80	±1.00	±1.50
其他	±0.80	±1.00	±1.50	±2.00

注：1. 本表适用于板厚 3.2mm 以下的零件。

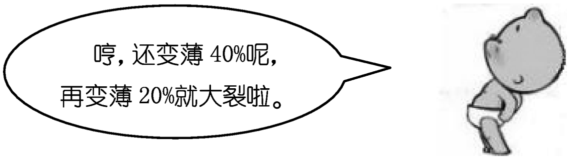
2. 圆形或其他形状是指零件的平面轮廓尺寸公差。

4. 板厚变薄率限定

板厚减少公差见表 7-14。

表 7-14　板厚减少公差

位　置	减薄率(%)	位　置	减薄率(%)
强度部位	<30	其他部位	<40



5. 冲孔孔径公差限定

冲孔孔径公差见表 7-15。

表 7-15　冲孔孔径公差　（单位：mm）

板　厚	尺寸范围							
	≤30		>30～100		>100～300		>300	
	1 级	2 级	1 级	2 级	1 级	2 级	1 级	2 级
<1.0	±0.15	±0.50	±0.20	±1.00	±0.60	±1.50	±1.00	±2.00
>1.0～3.2	±0.20	±0.50	±0.40	±1.00	±0.60	±1.50	±1.00	
>3.2～6.0	±0.40	±1.00	±0.60	±1.50	±1.00	±2.00	±1.50	
>6.0	±0.60	±1.50	±1.00	±1.50	±1.50	±2.00	±2.00	

6. 螺栓、铆钉孔孔径公差限定（见表 7-16）

表 7-16　螺栓、铆钉孔孔径公差　　(单位:mm)

板　　厚	尺 寸 范 围							
	>5～10		>10～15		>15～25		>25	
	1 级	2 级	1 级	2 级	1 级	2 级	1 级	2 级
<1.0	+0.20 −0	±0.50	±0.20	±0.70	±0.30	±1.00	±0.40	±1.30
≥1.0～3.2	+0.30 −0		±0.40		±0.50		±0.60	
≥3.2	+0.50 −0	±0.70	±0.60	±1.00	±0.70	±1.30	±0.80	±1.60

7. 螺母孔孔径公差限定(见表 7-17)

表 7-17　螺母孔孔径公差(板厚 2.4mm 以下)　　(单位:mm)

孔径	公差	孔径	公差
2.3～6.0	0 −0.20	>6.0～10.0	0 −0.25

8. 孔与孔的距离尺寸公差限定(见表 7-18)

表 7-18　孔距公差　　(单位:mm)

孔径范围	孔距尺寸范围							
	≤30		>30～100		>100～300		>300	
	1 级	2 级	1 级	2 级	1 级	2 级	1 级	2 级
≤6.0	±0.15	—	±0.20	—	±0.25	—	±0.30	—
>6.0～12	±0.20	±0.50	±0.25	±0.70	±0.30	±1.00	±0.40	±1.5
>12～30	±0.25	—	±0.30	—	±0.45	—	±0.50	—
>30	—	—	±0.40	—	±0.50	—	±0.60	—

注：两个不同的孔径，按大孔径的孔距尺寸公差。

7.4.7　日本汽车厂常用冲压件检测指标

1. 冲裁件的普通尺寸公差(见表 7-19)

表 7-19　冲裁件的普通尺寸公差　　(单位:mm)

尺寸范围	等　　级		
	A 级	B 级	C 级
<6	±0.05	±0.1	±0.3
>6～30	±0.1	±0.2	±0.5
>30～120	±0.15	±0.3	±0.8
>120～400	±0.2	±0.5	±1.2
>400～1000	±0.3	±0.8	±2
>1000～2000	±0.5	±1.2	±3

注：A 级、B 级、C 级分别相当于 JIS B 0405 的公差等级 f、m 和 c。

2. 弯曲及拉深件的普通尺寸公差(见表 7-20)

表 7-20　弯曲及拉深件的普通尺寸公差　　(单位:mm)

尺寸范围	等　级		
	A 级	B 级	C 级
<6	±0.1	±0.3	±0.5
>6~30	±0.2	±0.5	±1
>30~120	±0.3	±0.8	±1.5
>120~400	±0.5	±1.2	±2.5
>400~1000	±0.8	±2	±4
>1000~2000	±1.2	±3	±6

注：A 级、B 级、C 级分别相当于 JIS B 0405 的公差等级 m、c 和 v。

对于超差的冲压件，就可能变为废品或不良品(经返修后再降级使用的冲压件)。

根据自身的模具状态和生产方式，每个工厂对废品和不良品都有自定指标，如废品率不能超过 1%。

思　　考

1. 常用冲压件的标准主要有哪几项?
2. 螺母孔和普通孔的要求有什么区别?
3. 根据冲压件的工艺及装配特点制订冲压件检验公差。

7.5　冲压工序和检查项目怎样对应

冲压检验内容和冲压件的工序状态有关，不同的工序有不同的检验项目。

1. 冲压用材料的检验

材料检验包括运输效果、包装、存放、开卷、剪切等系列过程的检验。

1）材料包装要牢固，不得有散包、破包、压伤变形及料边不齐等现象。

2）盒板材料表面不能有锈蚀、翘边、杂质、划伤、坑包等现象；开卷材料的料头、料尾不良率不得超过规定的标准；开卷、剪切不得有毛刺超差，材料划伤(划伤是指材料两面,如果反面有划伤,拉深后呈凸线)、碰伤等现象；对外观有要求的零件材料，表面质量要求更高。

3）对特殊零件，开卷材料平整度要高，标准可根据零件冲压需要而定。

4）尺寸精度，包括材料的料厚、料宽、料长、对角线尺寸等。

2. 落料(包括冲孔)**工序的主要检查内容**

1）尺寸精度：尺寸精度要满足图样的精度或使用的要求。

落料件尺寸精度有两项内容，一是轮廓尺寸精度，二是孔径、孔位的尺寸精度。

尺寸精度按检测过程分为两类：

① 最终的零件尺寸精度，不论有无后续工序，该尺寸均不能变，如图 7-26 中的孔径。

因此，在落料工序要进行孔径检测。

② 间接的零件尺寸精度，如外形尺寸及孔位，如图 7-27 所示。这样的尺寸在后续工序可能会有变化，一般需要在后序完成后再进行检测。在第二序中，主要是控制外形尺寸，型面到位度及孔径的稳定性，以免影响到后序的冲压件质量及后序的定位可靠度。

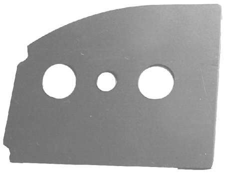


图 7-26　第一序(落料冲孔)

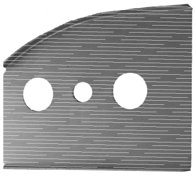
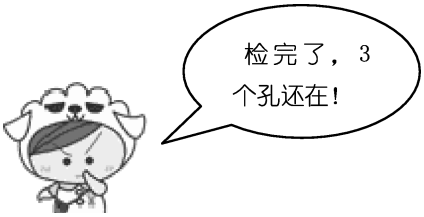
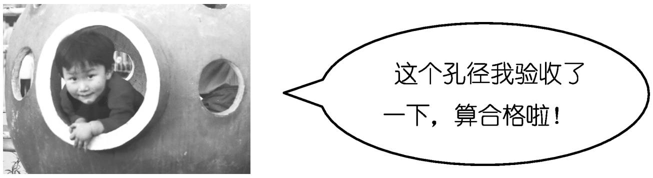


图 7-27　第二序(成形)





2）毛刺高度：根据需要来确定允许的毛刺高度，超差了要作处理。

3）冲裁断面：对冲裁断面倾斜度、光亮带高度等有要求的零件，要作相应检测。

3. 拉深工序的主要检查内容

第一序(拉深)如图 7-28 所示，第二序(切边、冲孔)如图 7-29 所示。

图 7-28　第一序(拉深)

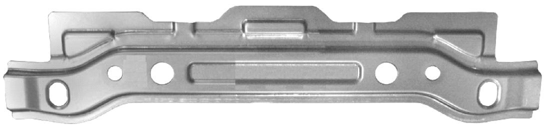


图 7-29　第二序(切边、冲孔)

1）对一般拉深件的检测内容

① 拉深成形到位度(棱线是否清晰)。

② 有无起皱、拉裂、缩颈等现象。缩颈常发生在棱线处、深度拉深的侧壁处和局部变形剧烈处。

2）对有外观要求零件的额外检测内容

① 表面的平顺度，如有无凹陷、凸包和波纹。

② 有无棱线错位和不清晰。

③ 有无划伤和坑包。

④ 有无滑移线和冲击线等影响外观的因素。

4. 成形工序的主要检查内容

落料工序如图 7-30 所示，成形工序如图 7-31 所示。

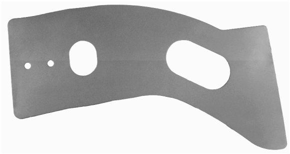


图 7-30　落料

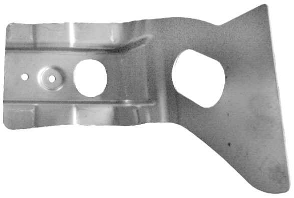


图 7-31　成形

1）对前面工序冲的孔，检测成形后有无变形或变化。

2）检测成形形状精度。

5. 切边、冲孔工序的主要检查内容

1）尺寸精度，尤其是切边、冲孔的稳定性。

2）冲孔数量。

3）毛刺。

4）型面有无变形和压伤，即前序的拉深或成形型面是否与切边型面相贴合。

5）孔及边有无翻翘。

6. 弯曲工序的主要检查内容

1）弯曲角度是否符合要求，是否有回弹现象。

2）弯曲件的高度尺寸。

3）弯曲件侧壁有无拉毛情况。

4）弯曲件有无起皱情况。

5）弯曲件的孔位，尤其是侧壁的孔位和孔径有无变化。

6）弯曲件有无拉裂和缩颈现象。

7. 翻边检查的主要内容

1）翻边高度尺寸。

2）翻边开裂。图 7-32 所示为冲压件经翻边和弯曲工序后出现弯曲边裂纹的实例。

3）翻边后孔位和孔径有无变化。

4）翻边角度误差。

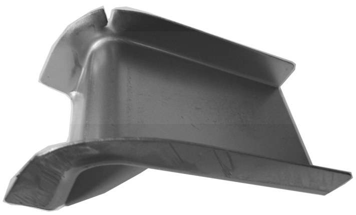


图 7-32　弯曲边裂纹实例

8. 整形检查的主要内容

1）整形到位度。

2）有无孔在整形中变形。

冲压中经常是多种冲压内容复合在一起，如成形翻边、冲孔翻边等，对此要作综合性的检查。

对多道工序的外观件，可能每道工序都有使型面变形、压伤的因素，因此外观件检查，除了拉深工序，以后的每道工序都要进行重复检查，尤其是每道工序零件的压料面区域。

生产中可能还会遇到其他方面的质量问题，可根据产品的需要来确定个性化的检验标准。

对容易产生质量问题的零件，除了采取积极的改善措施外，还要作为重点检查的对象。

思　考

1. 滑移线是在哪道工序中产生的？
2. 是不是只有拉深才会产生开裂和起皱？
3. 孔径是不是应该只在冲裁工序检测？
4. 型面压伤可能在哪个工序产生？
5. 对外观件如何进行外观检查？

7.6 冲压件质量等级如何划分

同样的质量缺陷，由于部位不同，要求会不一样。下面以汽车车身的质量要求为例来加以说明。

1. 车身表面等级划分（见图7-33）

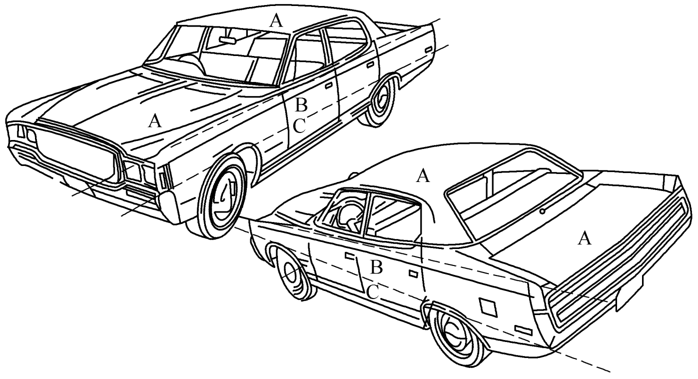


图7-33　车身表面等级划分

目前汽车表面等级有两种划分方法，见表7-21和表7-22。

表 7-21　汽车车身表面等级划分(一)

表面类别	等级要求
A	带状线上面的所有区域
B	在带状线与车轮开口线中间的所有区域
C	在车轮开口线以下的所有区域

表 7-22　汽车车身表面等级划分(二)

质量分区	等 级 要 求	外观影响度	主 要 零 件
一区	能直接发现缺陷的整车内外表面，该区缺陷严重影响整车外观质量	大	1）轿车裙部以上的外表面(不含顶盖上表面) 2）厢式车裙部以上的外表面(不含顶盖上表面)
二区	不能直接被人发现缺陷或需稍加注意才能发现缺陷的整车内外表面	较大	1）轿车裙部以下的外表面 2）“五门一盖”，油箱盖打开后能看到的及无覆盖物的内表面 3）轿车顶盖上表面 4）厢式车裙部以下的外表面，轮罩下面的可见部分
三区	所有被其他零件覆盖住的整车内外表面，以及在车辆使用过程中很少或短时间内不宜看到的整车内外表面	较小	1）所有不可见的内外表面 2）高棚车顶盖上表面 3）车门下边沿部分 4）厢式车顶盖上表面，门槛下面部分 5）皮卡车货箱内表面

2. 质量缺陷分类

汽车车身缺陷类别及缺陷判断见表 7-23 和表 7-24。

表 7-23　汽车车身缺陷类别

类别	缺 陷 内 容
A	指超出规定很大的偏差，没有经验的顾客也能发现的缺陷。该缺陷能引起严重的功能障碍，如渗水，危及整车安全性等
B	一般指用油石磨件检验之前就能摸出或看出的表面缺陷
C	在目视难以发现或手摸较难确认的情况下，经过油石磨过冲压件后便能看到的缺陷

表 7-24　汽车车身缺陷判断

项目	判 断 标 准		
	A	B	C
大的凸包和凹陷	非常明显的或未经专业训练的人一眼就能看出的大的凸包或凹陷	肉眼可见的较大凸包或凹陷，在要求严格的部位(如一区)还包括油石磨件后可见的凸点或凹陷	油石磨件后方可发现的凸点或凹陷

（续）

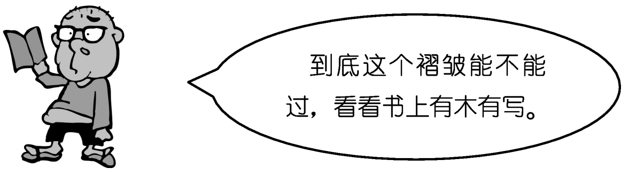
项目	判断标准		
	A	B	C
小包群及麻点	制件2/3面积上有小包群或麻点群	制件表面用油石磨件之前能看到或用手摸能够感觉到的麻点或麻点群	用油石磨件后能看到的麻点或麻点群
锈蚀	表面有引起制件报废的严重锈蚀	表面质量受锈蚀影响，但可通过打磨修复	
圆角和棱线	圆角半径不均匀，未达到要求，棱线和弧度明显地不清晰、不光顺	圆角半径不够均匀，棱线和弧度不够清晰、光顺	圆角切点处过度不平滑、不光顺
材料缺陷	料厚明显不合要求，表面有明显的滑移线、镀锌层疏松或锌皮脱落		轻微的材料缺陷，即用油石磨件后可见的材料缺陷
毛刺	装配面上的粗毛刺（大于料厚的50%）	非装配面上的粗毛刺	中等或小毛刺（冲压件料厚的25%～45%）
起皱、波纹、棱线错位、划伤、拉毛	未经专业训练的人一眼就能看出的严重褶皱、棱线错位、划伤、拉毛	非一区内用肉眼可见的皱纹、波纹、棱线错位、划伤、拉毛，在要求严格的部位还包括磨件后可见的波纹等缺陷	非一区和二区内有轻微划伤、拉毛及磨件后可见的波纹
裂纹、缩颈和压痕	制件表面有裂纹，重要部位有清晰可见的缩颈或压痕	制件有可见的缩颈或压痕	不明显的缩颈或压痕

思　　考

1. 汽车哪些部位的表面要求较高？
2. 汽车顶盖划分在什么区？
3. A类质量缺陷和C类质量缺陷哪种要求高？
4. 汽车车身的缺陷如何判断？
5. C类材料质量缺陷的内容是什么？

7.7　冲压质量缺陷度如何把握

对于便于测量、便于用数据说明的质量缺陷，如尺寸精度超差等，我们可以进行度的衡量。但是对于在生产现场，主要凭眼睛和经验来进行判断的缺陷度，我们该如何把握？



7.7.1　缺陷度的把握

凭眼睛和经验来判断的缺陷主要有以下几类：

1）划伤及拉毛的深度是否超标。

2）缩颈的深度是否超标。

3）内表件滑移线的深度能否被喷漆盖住。

4）起皱的程度。

5）凸凹的变化。

1. 生产现场划伤及拉毛的深度检验

用拇指的指甲在划伤零件上轻轻滑过，如果在划伤部位能明显感觉有线痕感，说明此划伤或拉毛的深度较大，不合格；如果有轻度手感，属中度拉毛，需对模具进行抛光处理，零件上的拉伤条数要作控制，但如果是承载受力较大的零件，中度拉毛也不允许；对没有手感的拉毛线，仍属合格。拉毛深浅的比较如图 7-34 和图 7-35 所示。

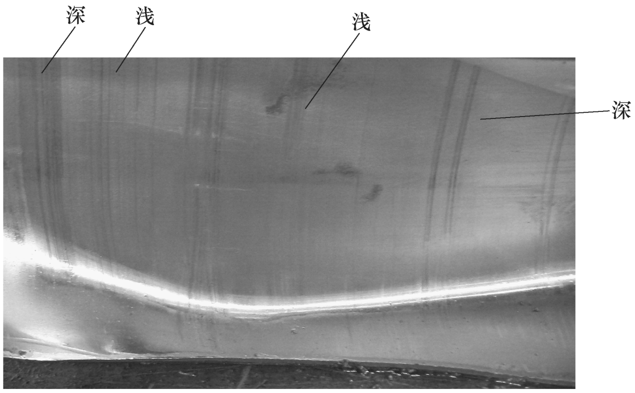


图 7-34　拉毛深浅比较示意图 1

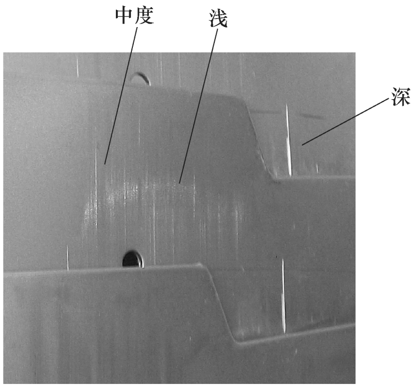
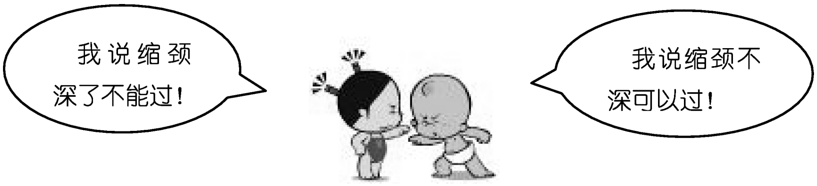


图 7-35　拉毛深浅比较示意图 2

2. 缩颈的深度是否超标

对有特殊要求，比如承载大和振动大的零件来说，不论程度大小如何，一律都不允许缩颈存在。但对一般的冲压件来说，可以允许局部存在轻度缩颈。

缩颈深浅的目视判断主要凭检验者的经验，因此就同一深度的缩颈来说，对其判断的标准也因人而异。



轻度缩颈，即材料局部线状减薄率一般不超过其两侧未缩颈料厚的6%。

如果局部缩颈减薄率超过20%，对任何零件都是不允许的。

目视检验缩颈线的外观形态，对中大型冲压件来说，若缩颈浅，长度小，如小于15mm长且呈间断性的微小缩颈一般可以通过。缩颈由轻到重如图7-36所示，可以看出轻度缩颈处只是略有发白。深度缩颈如图7-37所示，可以看出材料变粗糙，发白，缩颈中心区呈凹陷状。

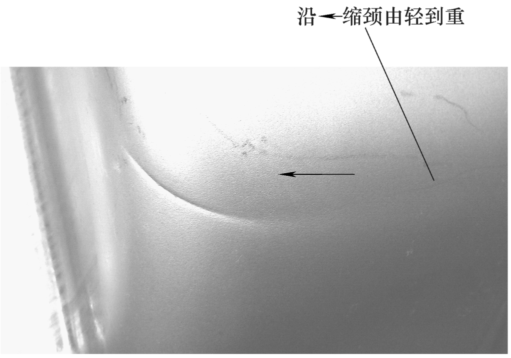


图7-36　缩颈由轻到重示意图

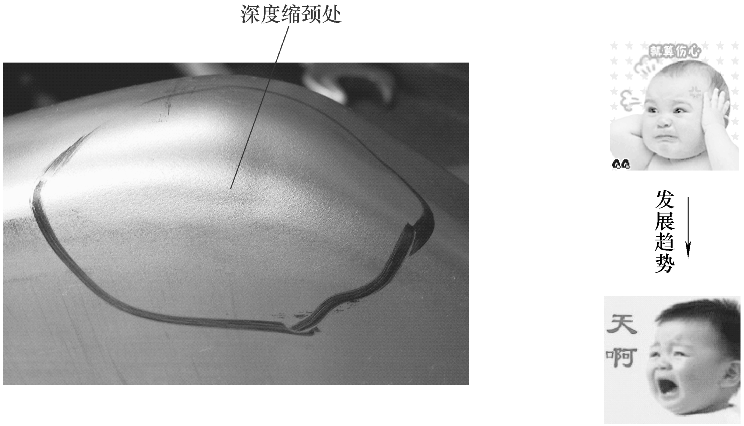


图7-37　深度缩颈

我们除了经验目视，还可以采用以下方法来判定缩颈的深度：

1）通过缩颈处切断面的变薄测量进行分析计算。

2）进行CAE分析类比（见图7-38，红色为危险地带）。

3）进行材料网格试验，通过测量被拉长的网格尺寸，来确定此处材料的变形程度。

然后我们将允许的零件缩颈深度设立一个检验样件，并以此作为比较检验的标准。

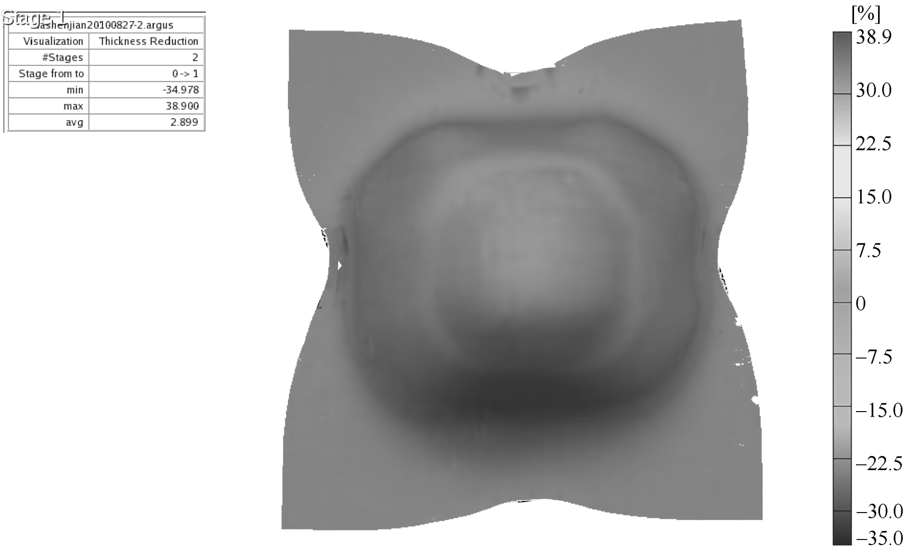


图 7-38　材料减薄分析

3. 内表件滑移线的深度能否被喷漆盖住

对于不能被喷漆盖住，带有像树枝状滑移线(深度滑移线)的冲压件，是不合格产品，作报废处理。深度滑移线如图 7-39 所示。

有可能被喷漆盖住的滑移线，是呈浅橘皮状(也叫“橘皮”)的形态。

对滑移线是否能被喷漆盖过，最好是选不同程度的两套样品，一套随产品(车身)走喷漆线，出来后看效果，将无影响的另一套未喷漆样品作为检测样件。

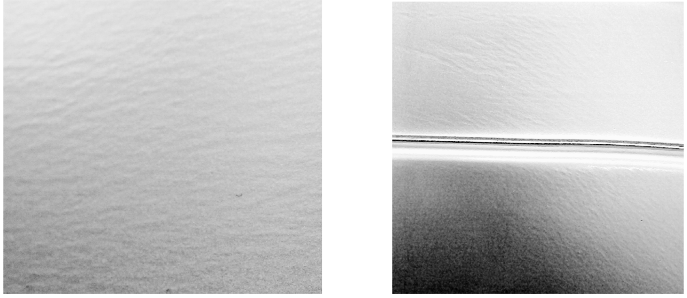


图 7-39　深度滑移线

4. 起皱的程度

起皱的程度与衡量起皱的部位有关。起皱的极限程度是材料折叠，如图 7-40 和图 7-41 所示，即起皱处的材料叠合在一起变厚。发生叠料的部位，常常会摩擦掉渣，加速对模具的磨损。因此在起皱不影响产品质量的情况下，原则上不要起皱到叠料的程度。

5. 凸凹的变化

在生产现场对外观有质量要求的零件作常规检验，除去因模具本身型面缺陷带来的凸凹，主要是查凸凹程度有无发生变化，是否需要进行工艺调整。

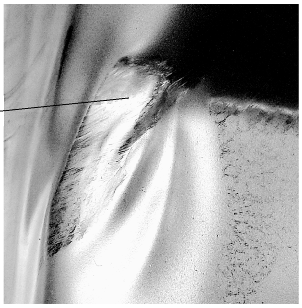


图 7-40　临近叠料的起皱

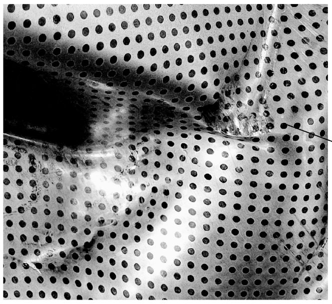


图 7-41　网格件的叠料

检查型面凸凹度，一般是与标准样件进行比较。对有经验的检查员和冲压操作工来说，最常用、最方便的方法就是戴线手套来回触摸，作出判断；对经验较欠缺的检查人员来说，可以用油石摩擦被检表面，检查痕迹。

7.7.2　缺陷位置的把握度

1. 起皱

起皱常常会妨碍装配，影响美观。那么既不影响装配，也不影响美观的起皱，是不是就允许正常存在呢？这点要综合考虑。

1）如果通过调整工艺参数和工艺手段就能消除或减小的起皱，检验标准就不能降低，因为起皱虽然对零件无影响，但会加大模具的磨损，也可能会影响到后面工序的定位稳定性。

2）如果起皱解决的成本较高，如：

① 模具要重新补筋、研合，且效果还不能确定。

② 需要通过提高冲压材料的级别或增加压料力来除皱。

③ 需重新制作模具，改成形为拉深等。

此类情况因起皱对产品的影响较小，而解决的成本较大，即质量成本较高，那么起皱的检验标准可以放宽。如果涉及后续的定位，可以将后续的起皱处定位面作适当避让。

2. 坑包

对外观件和内表件，坑包是不允许存在的，但对其他零件的影响，可以忽略不计。

冲压件产生坑包的原因，主要是由于模具和冲压材料上有杂质，或操作工的手套掉渣等引起的。要解决坑包问题，只需解决了清洁问题，同时也相应解决了模具内杂质对模具的磨损问题。

对已经产生坑包的零件，如果不影响外观，基本上可以正常使用。普通件的坑包如图 7-42 所示。

冲压件上有时特意制作一些焊接定位凸点，如图 7-43 所示。

3. 冲击线

冲击线是由于材料受力不平衡产生的，如果不影响外观，基本上可以正常使用。

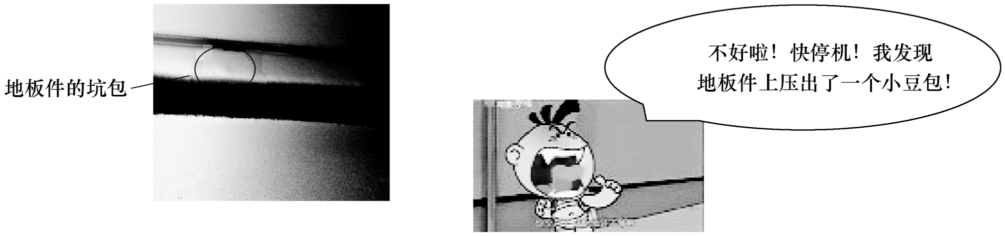


图 7-42　普通件的坑包

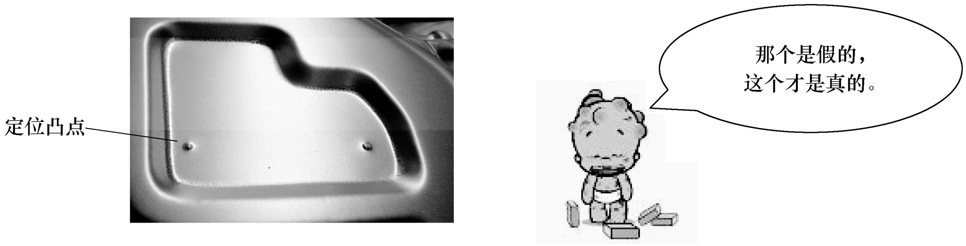


图 7-43　焊接定位凸点

4. 滑移线

产生滑移线的材料，塑性会有一定的降低，易产生缩颈或起皱等现象。如果冲压件上的滑移线对外观无影响，可以考虑继续使用。

5. 凸凹的变化

一般零件的表面只允许凸凹往小的方向上变化，否则会增加修整的工作量。最彻底的改善措施就是完善模具状态。

以上举了几个典型的例子，其他类似情况可以举一反三。

思　　考

1. 冲压件是不是产生坑包和起皱就必须作废？
2. 到生产现场观察冲压件有没有缩颈现象，缩颈程度如何。
3. 怎样检查冲压件的稳定性？
4. 怎样检查多孔冲压件？

7.8　冲压质量缺陷对产品有什么影响

不同行业对冲压质量有不同的要求，现以汽车行业为例说明冲压质量问题对后面工序及产品质量的影响。冲压质量影响见表 7-25。冲压件质量与焊装夹具的关系如图 7-44 所示，图 7-45 所示为凸焊螺母及焊接实例。

表 7-25　冲压质量影响

<table>
<tr><th>序号</th><th>零件类型</th><th colspan="2">质量问题特点</th><th>质 量 影 响</th></tr>
<tr><td rowspan="12">1</td><td rowspan="12">任何零件</td><td rowspan="10">尺寸精度低</td><td rowspan="3">型面精度低（包括冲压未到位）</td><td>1）配合件互相不贴合，装配、夹具夹紧困难，焊接困难</td></tr>
<tr><td>2）焊点受力大，焊接强度受影响</td></tr>
<tr><td>3）车门类总成与门框表面的面差大</td></tr>
<tr><td rowspan="3">轮廓精度低</td><td>1）焊接件搭接干涉或与夹具干涉，无法定位焊接（见图 7-44）</td></tr>
<tr><td>2）车门类总成与门框间的门缝间隙大小超差，影响美观</td></tr>
<tr><td>3）有可能造成门缝漏雨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">孔位精度</td><td>1）夹具无法定位（指定位孔精度）（见图 7-44）</td></tr>
<tr><td>2）装配件难装配或装不上</td></tr>
<tr><td rowspan="2">孔径精度</td><td>1）凸焊螺母孔焊接无法定位或凸点焊空（见图 7-45）</td></tr>
<tr><td>2）装配件无法装配</td></tr>
<tr><td colspan="2">缩颈、拉裂</td><td>影响强度，烤漆时及汽车行驶振动中有开裂隐患</td></tr>
<tr><td colspan="2">深度拉毛</td><td>深度拉毛易产生应力集中，影响零件强度</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2</td><td rowspan="3">外观件、内表件</td><td colspan="2">外观各种缺陷</td><td>影响美观</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">刚性差</td><td>1）汽车行驶时发出“嘭嘭”异响，噪声大</td></tr>
<tr><td>2）易产生凹陷等外观形变</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">内覆盖件</td><td colspan="2" rowspan="2">起皱</td><td>1）与配合件贴合间隙大，影响焊接强度</td></tr>
<tr><td>2）门内板合边处起皱，合边后影响门外板表面质量</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">轮廓边超差</td><td>1）门窗及门框内外板边不齐，造成“双眼皮”现象</td></tr>
<tr><td>2）与其他相关零件干涉，与夹具干涉</td></tr>
<tr><td rowspan="6">4</td><td rowspan="2">骨架件、加强件等杂件</td><td colspan="2" rowspan="2">翻边尺寸小了甚至翻边没翻出来</td><td>1）零件刚性及强度差</td></tr>
<tr><td>2）焊接边尺寸不够，只能焊半个焊点甚至无法焊接</td></tr>
<tr><td rowspan="4">梁类零件</td><td colspan="2" rowspan="2">反弹，造成开度大</td><td>1）内外梁套装零件焊装困难</td></tr>
<tr><td>2）焊接强度受影响</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">弯曲成形错位</td><td>1）孔位移动，内外梁孔不相通</td></tr>
<tr><td>2）焊接边尺寸超差</td></tr>
</table>

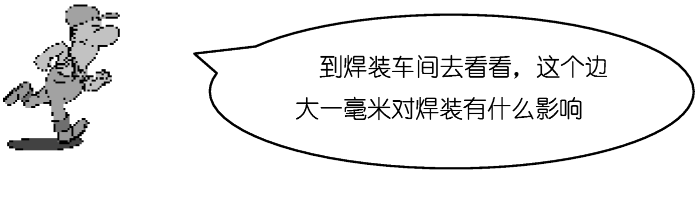


图 7-44　冲压件质量与焊装夹具的关系

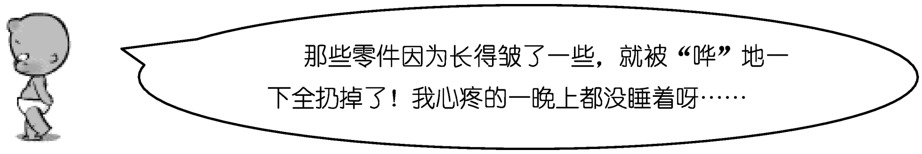
图 7-45　凸焊螺母及焊接实例

思　考

1. 零件刚性差对产品质量有什么影响？
2. 冲压件有缩颈，没开裂，为什么是质量缺陷？
3. 如果起皱在装配看不见的地方，是不是就没有影响了？
4. 冲压件轮廓边有误差可能对焊装有什么影响？

7.9　有质量问题的冲压件如何处理

冲压件质量要求高并不意味着一点问题都不能存在，关键要看其问题对使用性能的影响程度。同样的问题对有些零件是零容忍，对有些零件就可以忽略不计。



对有质量问题的冲压件，如何能既经济又合理地处理？

冲压件质量问题通常有两种处理方式：一是报废，二是作让步接收。

对有影响的质量缺陷，要根据零件的使用特点，尽量作一定的修复，然后作“让步接收”处理。对不能修复或修复不到原状态，满足不了使用要求的冲压件，如车门外板类重要外表零件，只能作报废处理。表 7-26 是汽车车身零件的缺陷处理示例。

表 7-26　汽车车身零件的缺陷处理示例

序号	零件分类（分区）	缺陷类型	修复方法	处理结果
1	一区	拉裂	不能修	报废
	二区	拉裂	不能修	报废
	三区	拉裂长度小于 15mm 且裂纹合拢	亚弧焊补焊后打磨	降级使用(回用)
		拉裂长度大于 15mm 或裂口张开	不能修	报废
2	一区	浅小坑包数量小于 3 点	经验丰富者修整	降级使用(回用)
	二区	小坑包数量小于 4 点	经验丰富者修整	降级使用(回用)
	三区	小坑包数量小于 6 点	修整	顶盖降级使用(回用)
			不修	其余零件正常使用
3	一区	轻微凹陷(油石打磨后略有痕迹)	不修，喷漆前打腻子	降级使用(回用)
	二区	中低度凹陷(油石打磨后有痕迹)	经验丰富者修整改善	降级使用(回用)
	三区	中度凹陷(油石打磨后有较明显痕迹)	经验丰富者修整改善	顶盖降级使用(回用)
				其余件基本正常使用
4	一区	凸包(指面积较大的浅突起)	不能修	报废
	二区	凸包(指面积较大的浅突起)	经验丰富者修整改善	降级使用(回用)
	三区	凸包(指面积较大的浅突起)	经验丰富者修整改善	顶盖降级使用(回用)
				其余件基本正常使用
5	一区至三区	超差的毛刺	打磨	正常使用
6	一区	起皱	不修	报废
	二区	短小浅皱	敲平打磨	降级使用(回用)
	三区	小皱	非焊接部位及非内外表部位，不修	正常使用
7	一区	孔位偏，孔小裂	亚弧焊补焊后打磨	如果修后影响了外观作报废处理，否则正常使用
	二区至三区	孔位偏	补焊修复	正常使用
8	一区	轻度拉毛、划伤(手指甲划过无感觉)	不修	正常使用
	二区至三区	中重度拉毛 3 ~5 条	梁类零件整条重度拉毛线氩弧焊补焊加固；薄板非外观或内表部位，点焊加固；中度拉毛打磨拉毛痕迹	降级使用(回用)
9	一区	滑移线	不修	报废
	二区	轻度滑移线	打磨	降级使用(回用)
	三区	中度滑移线	在不可见区域，不修	降级使用(回用)

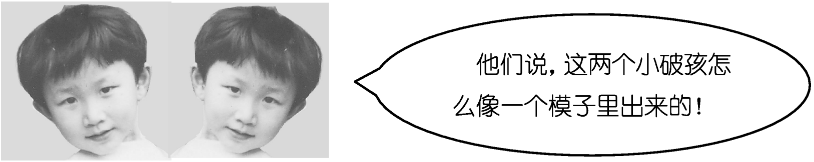
注：缺陷程度大于表中所述，原则上作报废处理。

思　　考

1. 位于一区的零件拉裂能不能修，为什么？
2. 起皱在那个区要求较松？
3. 孔冲偏了怎么办？
4. 梁类零件拉毛了怎么处理？
5. 滑移线能修好吗？

7.10　怎样进行冲压质量问题原因分析

冲压生产中常见质量问题已有专文讲述，这里依次对其作一分析。



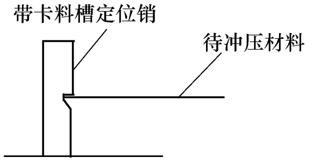
冲压常见质量问题分析见表 7-27。

表 7-27　冲压常见质量问题分析

序号	工序类型	质量问题	问题分析及解决
1	冲裁	冲孔数量不够	1）冲头断了或冲头短了
			2）凸凹模刃口太钝
			3）设备闭合高度调高了
		切边不稳定	1）定位型面不贴合，切边件放在上面有晃动，需补焊定位型面
			2）定位销晃动不稳，需重做或焊死
		冲裁边翻翘	1）凸模刃口部呈倒锥形，冲压回程将料边带起，需修磨刃口上部
			2）压料板与凸模的间隙过大，孔边未有效压料，需局部补焊
		毛刺	1）模具凸模与凹模间隙不均，过大则拉毛，过小则挤毛
			2）冲裁刃口不锋利或镶块强度低，冲裁时变形
			3）模具的导向精度低
2	成形、翻边	质量不稳定	1）材料在定位区间有活动空间，一是定位方向的偏差，二是上模落下过程中振动，材料脱离原定位位置，造成成形或翻边质量不稳定
			2）定位销晃动或转动（非圆销）及材料不平整或平整度不一
			3）对单动模具，气垫（液压垫）压力波动，造成压边力不稳
			4）冲压件型面偏，高差大，与材料接触面小，着力点不平衡，上模压下过程中材料窜动，造成不稳定
			△ 每个定位销加工一个卡料槽（见图 7-46），可以固定材料定位高度并减少甚至抵消在模具下压过程中的材料窜动
			△ 模具增加弹性顶料点（面）及平衡压料点（面）
			5）托杆每次装模，升起高度不同，造成定位角度和高度不同
		翻边褶皱大	凸凹模之间的间隙大
		翻边拉毛扯裂	凸凹模间有颗粒沾黏，或翻边圆角粗糙，气孔多
		成形孔裂	1）凹模圆角及侧壁不光顺，需打磨抛光
			2）如零件完全对称，可将落料件翻面，毛刺向上受压（见图 7-47）

（续）

序号	工序类型	质量问题	问题分析及解决
3	拉深	型面不光顺	模具凸模型面不光顺；模具气孔少，空气窜动，同时还会造成压不到位
		回弹，刚性差	拉深压边力及滑块压力不够，材料未得到充分拉伸和塑性变形
		型面精度差	1）拉深模本身型面精度差
			2）拉深不充分，产生回弹
		多处起皱	1）多处起皱为整体压边力不够
			2）加压后褶皱未消除，裂纹出现，很可能是材料级别低了或质量欠佳
		局部起皱	1）拉深筋阻力不够
			2）凹模与压边圈（单动模具）之间的间隙大，进料阻力小，需调限位
			3）压边力小了，需适当加压
			4）托杆不等高或模具与托杆接触面不平
			5）设备的平行度可能有问题
			6）材料级别低或质量较差
			7）褶皱处材料要加大，材料定位位置往外移或加大材料尺寸
			8）拉深油上多了
		拉裂，缩颈	1）压边力大了，需降低压边力
			2）凹模与压边圈（单动模具）之间的间隙小，进料阻力大，需调限位
			3）顶料托杆不等高或顶料面不平
			4）拉深筋阻力大，需加高或抛光
			5）设备精度低
			6）材料级别低或质量差
			7）褶皱处材料要加大，材料定位位置需往里移或减少材料尺寸
			8）拉深油的量不合适或拉深油的质量不好
		质量波动	设备压力波动及材料性能波动，出现无规律的破裂
		冲击线	调整压料力的大小，改变冲击线的位置
		滑移线	材料超过了质保期
		小坑包	材料、模具、拉深油、操作工手套不干净
4	切边、翻边等	型面压伤	拉深成形的形面与后序压料面的形状不符，不贴合



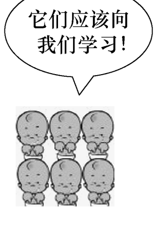


图 7-46　带卡料槽的定位销示意图

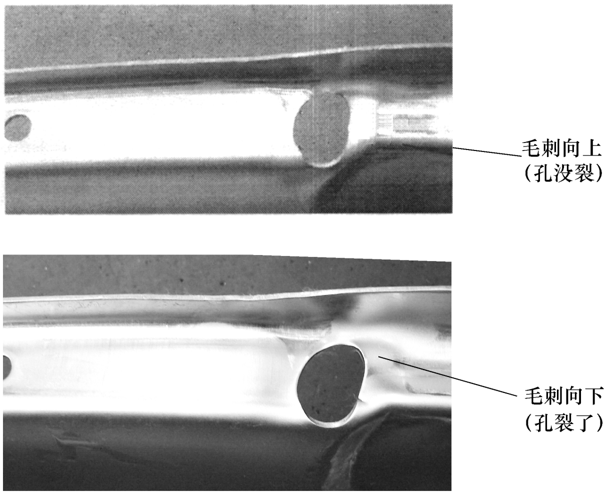


图 7-47　毛刺正反面冲压效果对比

思　　考

1. 拉深出现拉毛可能是什么原因造成？
2. 成形时孔被拉裂，有什么解决办法？
3. 切边不稳定是什么原因？怎样解决？
4. 外观件仅检查拉深件的外观是不是就可以了？
5. 弯曲件的回弹大小和顶料力有无关系？

7.11　冲压质量检验的频次如何确定

冲压件的检查频次和冲压件的重要度、缺陷影响度、检查难度及此道工序的模具状态有关。

1. 对批量生产的冲压件通用检查规范

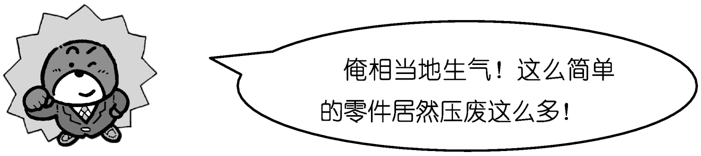
1）首件必检：要对生产的首个冲压件进行全面、彻底的检查。

首件对拉深件来说是指开始压制的第 1 至第 5 件。生产开始的第 1 件要对模具全面上拉深油润滑，可能不是正常生产的状态，因此第 1 件主要是重点查看一下平时易出现缩颈和拉裂的部位有无异常，随后再按照正常生产上油的频次，将本频次最后一件取出来细查一遍。

如果有异常，要一直跟踪检查到调试质量稳定为止。

2）中件必检：在生产过程中，为防止中间出现质量异常，需对生产过程中的冲压件进行全面、彻底的检查。中检的次数视生产量和以往易频发的问题点而定。

3）尾件必检：为防止质量异常或将异常带到下次生产中，在生产结束阶段，要对冲压件进行全面、彻底的检查。



2. 质量检查的职责划分

质量检查分为质检员专职检查(简称专检)和冲压工自检两种方式。如何检验要制定相应规范。

专职质检员是对生产的每种冲压件进行首检、中件和尾检。中检也叫巡检。

巡检次数根据生产量而定，如巡检次数可为生产量的1/10～1/50。对于易出质量问题及质量要求高的重点冲压件，巡检次数或巡检周期要缩短。

冲压工自检是贯穿在生产的整个过程中，使质量波动及质量异常能够及时地发现并得到处理。

对发现有质量问题的冲压件，要做标识并单独存放。能现场处理解决的要及时处理解决。

3. 冲压操作工的自检频次及自检主要内容

冲压工自检频次和质检员的巡检次数一样，对易出问题，或经常不稳定出现的问题点，要重点地、随时地监控，不分频次，发现问题要及时向工艺技术员反馈。

对于一般质量较稳定的冲压件，自检或专检的主要内容和方式见表7-28。

表7-28　冲压件的常规自检频次

序号	冲压件类型	冲压件工序	自 检 重 点	重要度			检查频次
				重	中	轻	
1	外观件、内表件	每道工序	所有外观缺陷，尤其是不稳定出现的坑包、划伤、锈蚀	●			进料侧查材料的清洁度
							出料侧每件目视检查
2	所有冲压件	尺寸精度	注意尺寸稳定及尺寸偏差	●			随时目视叠放件的整齐度
3	一般冲压件	拉深、成形等	冲压到位度	●			换不同包号材料时检查
4	所有冲压件	拉深、成形等	缩颈，拉裂	●			次/100～200件
5	一般冲压件	拉深、弯曲等	拉毛	●			视拉毛出现频率而定
6	一般冲压件	冲裁工序	螺母孔毛刺、一般过孔毛刺		●	●	螺母孔毛刺：次/300件 一般过孔毛刺：次/500件

注：冲压件的常规自检要在调好模具首件检查完毕后进行。

需要注意的是，对于容易出问题及非常重要的冲压件，要专门列一清单，标明主要检查部位和检查项，作为自检和专检的关键控制点。

7.12　冲压检验分析文件主要有哪些

1. 冲压件检查基准书

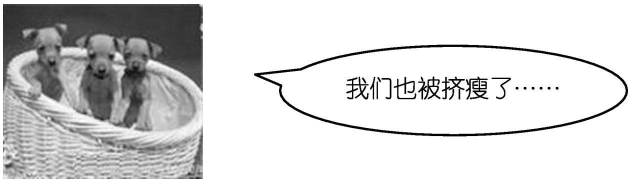
检查基准书针对每个冲压件的每道工序，设立了需要检查的项目和允许的尺寸误差范围

及项目允许度，是指导冲压件检验的技术文件。

检查基准书除了必要的零件号、零件名称、工序号、材料规格、材料牌号等基础数据外，表格里要有冲压件工序图，图上对每个检查部位要标上“项次”号，注明相应的检查方法和检测量具，检查尺寸的偏差限定等，也可将各工序的内容合为一张检查表，表上区分各序的检查内容，见表 7-29。零件图检测标示点如图 7-48 所示。

表 7-29　检查基准书部分内容示例

项次	检查项目	重要度	检查频率	检查方法	判定基准	测 量 值				
材料										
	材料牌号				材料标签	一包	二包	三包	四包	五包
	全尺寸			卷尺、千分尺	＊＊质保书					
	……									
常规检查										
▲	外观：工序 1/3（成形）									
	拉毛	重	次/50 件	目视	样件	1	2	3	4	……
	……									
▲	其他缺陷									
	……									
▲	孔径：工序 2/3（冲孔）									
1	孔径/mm	重	次/200 件	游标卡尺	$\varphi8\pm0.1$	8.00	8.00	8.00	8.00	……
2	孔径/mm	中	次/400 件	钢直尺、游标卡尺	$\varphi10\pm0.2$	10.1	10.1	10.1	10.1	……
	……									
▲	孔径：工序 3/3（冲孔）									
6	孔径/mm	重	次/200 件	游标卡尺	$\varphi8\pm0.1$	8.00	8.00	8.00	8.00	……
▲	距离：工序 2/3（冲孔）									
7	孔距/mm	重	次/200 件	游标卡尺	10 ± 0.1	10.00	10.00	10.00	10.00	……
8	孔边距/mm	轻	次/400 件	钢直尺	12 ± 0.5	12.2	12.2	12.3	12.3	……
	……									
▲	其他……									
检具检查										
1										
……										



2. 检具检测报告

对一些较重要、难测量的零件，常常会制作相应的检查器具，即检具。

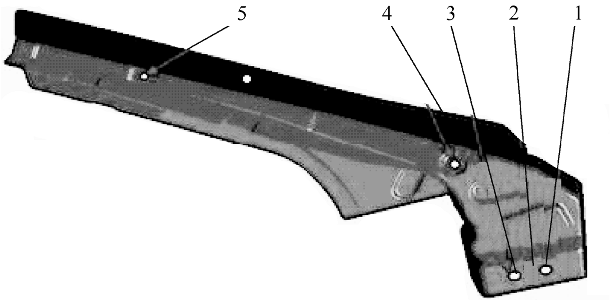


图 7-48　零件图检测标示点 1

（1）检测报告的要素

1）检具生产商，检具所属车型、零件号、零件名称、零件用材质，检具制作原因及制作依据等基础信息。

2）检具坐标图，如图 7-49 所示，用以检测检具坐标系的精确度。

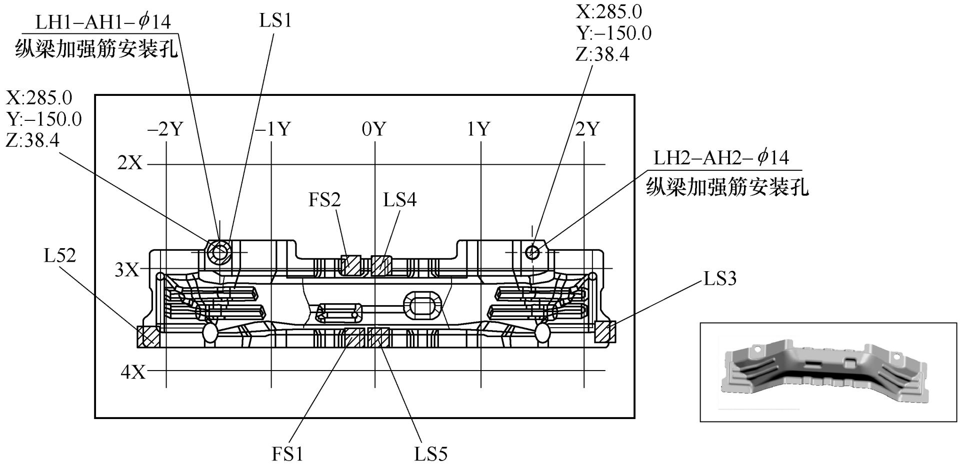


图 7-49　检具坐标图

3）检测点数模图：数模图是按工序和检查项目类别来加以图示，如图 7-48 所示的冲孔检测位置标示图及图 7-50 所示的轮廓线及面差检测位置标示图。

4）检测方向示意图(见图 7-51)。

5）零件检测标准及检测值，见表 7-29。

6）检测点数统计，见表 7-30。

以上各项内容为了清晰易读，按检验的类别分别列出几个表单，如测孔径、孔位的列一张，测边界(面差和轮廓)的列一张。

表 7-30　检测点数统计项示例(边界)

样本	1	2	3	4	5
总点数	17	17	17	17	17
合格点数	16	16	16	16	16
不合格点数	1	1	1	1	1
合格率	94. 1	94. 1	94. 1	94. 1	94. 1

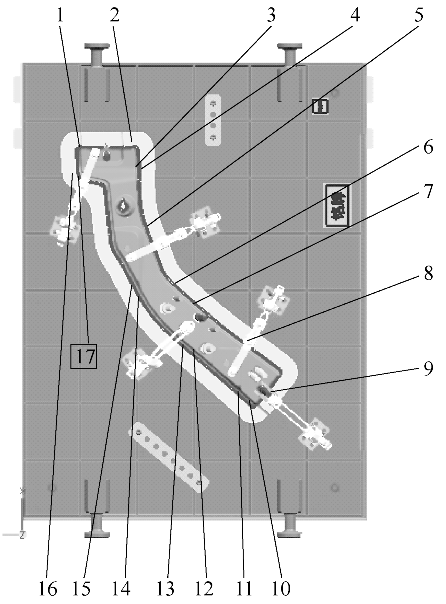


图7-50　零件图检测标示点2

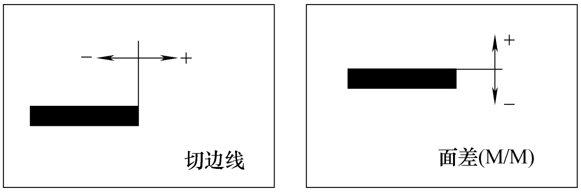
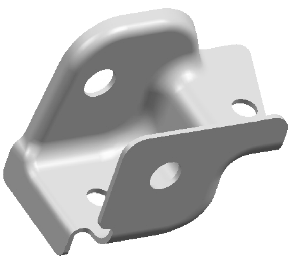
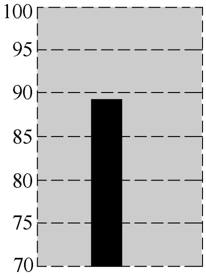
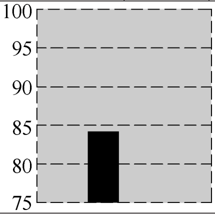
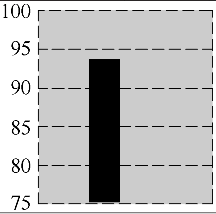
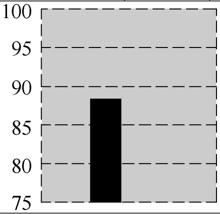


图7-51　检具检测方向

（2）检具检测汇总表　见表7-31。此表将各项类别的检测汇总在一张表中，对检测结果可以一目了然。

表7-31　检具检测汇总表主要内容示例

<table>
<tr><td>……</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td>……</td><td colspan="3">零件总体质量</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td>合格率(%)</td><td>89</td><td></td></tr>
<tr><td>合格点数</td><td>64</td><td></td></tr>
<tr><td>不合格点数</td><td>8</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="3">面差</td><td colspan="3">切边线</td><td colspan="3">孔</td></tr>
<tr><td>合格率(%)</td><td>84</td><td></td><td>合格率(%)</td><td>94</td><td></td><td>合格率(%)</td><td>88</td><td></td></tr>
<tr><td>合格点数</td><td>27</td><td></td><td>合格点数</td><td>30</td><td></td><td>合格点数</td><td>7</td><td></td></tr>
<tr><td>不合格点数</td><td>5</td><td></td><td>不合格点数</td><td>2</td><td></td><td>不合格点数</td><td>1</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">批准</td><td colspan="3">审核</td><td colspan="3">检查员</td></tr>
</table>

3. 控制图(管制图)

控制图是对生产过程中各特性值进行测定、记录、评估并监察过程是否处于控制状态的一种用统计方法设计的图。

控制图分为计量及计数两类，计量管制图可以显现生产过程上的异常问题，而计数管制图则用于管制整体品质状况好坏。

控制图不但能控制冲压生产过程中的质量，还能分析判定冲压生产能力，更可以作为新产品设计及冲压件验收时的参考。如图 7-52 所示。

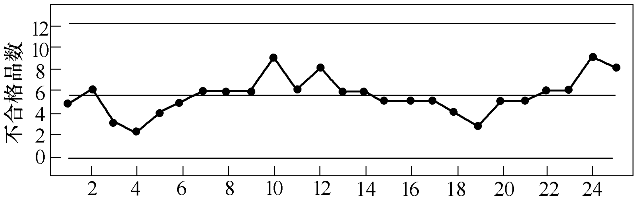


图 7-52　不合格品数控制示例

4. 直方图、排列图、因果分析图(鱼刺图)**、散布图等**

通过这些图可找出存在的质量问题和找出产生质量问题的主要原因。

5. 质量问题预防措施

预防质量问题，可根据生产中出现问题频次较高的冲压件制作“质量管控表”，供技术人员和质管人员在生产中作重点关注，并分析产生质量问题的原因和增加检验频次。

6. 纠正预防措施表

针对产生的主要质量原因，找出解决的对策，并跟踪落实情况，使质量问题形成一个闭环。

纠正预防措施表要由质管人员填写及发放表格，包含以下主要内容：

1）记录编号、信息来源及接收日期。

2）不符合项问题描述。

3）问题解决部门或责任部门接单日期及要求反馈处理结果日期。

4）责任部门填写原因分析和纠正预防措施，并举一反三，进行落实，然后将表单返回质管部门。

5）质管人员对问题处理结果进行跟踪落实，效果评估。

6）各方要有签字。

思　考

1. 检查基准书的主要内容是什么？
2. 绘制一个完整的检查基准书表格。
3. 自选几个冲压件做出检查基准书。
4. 检具测量怎样计算合格率？

7.13　三坐标测量仪有什么特点

三坐标测量仪：指在一个六面体的空间范围内，能够表现物体的几何形状、长度及圆周分度等测量能力的仪器。

三坐标测量仪也可定义为一种可在三个方向互相垂直的导轨上移动的探测器，它是以接触或非接触等方式传递信号，由三个轴的位移测量系统（如光栅尺）经数据处理器或计算机计算出物体的各点(x,y,z)数据及进行各项功能测量的仪器。

从经验出发，测量不确定度应为被测工件尺寸公差带的 1/5～1/3。对于精密测量及复杂的形位测量，要求则更高，一般应为被测尺寸公差带的 1/10～1/5。

1. 三坐标测量仪的基本原理

通过探测传感器（探头）与测量空间轴线运动的配合，对被测几何元素进行离散的空间点位置的获取，再通过一定的数学计算，完成对所测点（点群）的分析拟合，最终还原出被测的几何元素，并在此基础上计算其与理论值（名义值）之间的偏差，从而完成对被测件的检验工作。测量仪还配有温度传感器，使控制系统能够检测并动态补偿温度梯度引起的测量系统变形。

2. 三坐标测量仪的主要用途

1）可以应用被测件 3D 数模，对其相关的形位公差、曲线、曲面进行测量数字化比较，并输出直观、清晰的图形报告，以便对其作分析、对比等。

三坐标测量仪在汽车和模具制造等行业有着广泛的应用。如汽车的车身焊装装配超差，是冲压件的问题还是夹具出现问题可以通过三坐标测量仪的检测数据来说明，还可以通过与标准数模对比来指导偏差调整的方向和具体尺寸。

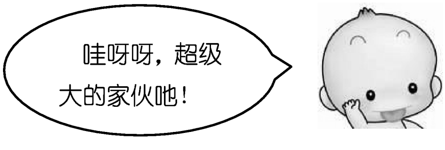
2）用于产品的逆向工程，即根据产品的测量点云，通过软件进行计算，做出产品的数字模型，以便于产品的研发和改造，设计制造模具，CAM 加工等。

3. 三坐标测量仪的结构分类

1）龙门式三坐标测量仪（见图 7-53 和图 7-54）。龙门式三坐标测量仪能够完成超大型工件的精确测量。龙门式结构可以实现运动部件的最小惯性，同时保持结构的最大刚性。

图 7-53　龙门式三坐标测量仪

图 7-54　超大龙门式三坐标测量仪



2）桥式三坐标测量仪。桥式三坐标测量仪分固定桥式和移动桥式，如图 7-55 和图 7-56 所示。

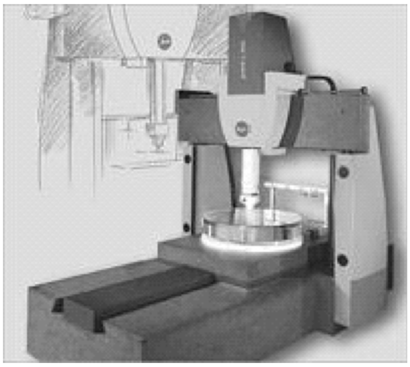


图 7-55　固定桥式三坐标测量仪

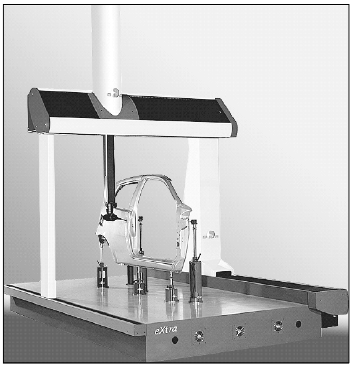
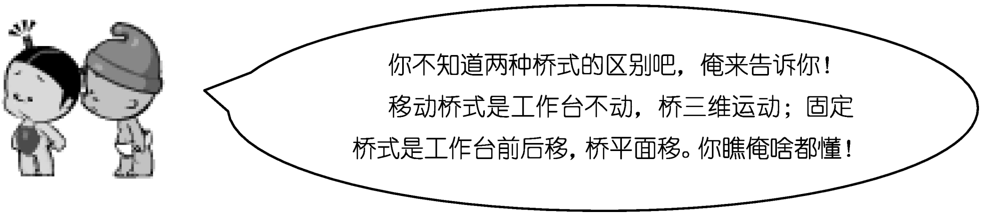


图 7-56　移动桥式三坐标测量仪



桥式三坐标测量仪一般用于中型件的测量。桥式三坐标测量仪还有一种 L 型，如图 7-57所示。

3）双立柱式(水平悬臂式)三坐标测量仪。这种测量仪能够完成大型工件的测量，开敞的双水平臂结构极其便于大型工件的装卸操作，如图 7-58 所示。

由于水平臂可以伸进物体内测量(见图 7-59)，因而汽车行业应用较多。双立柱式三坐标测量仪由于测量头悬臂，刚性略差，因而测量精度较桥式三坐标测量仪和龙门式三坐标测量仪略低。此外，其坚固耐用的水平铸铁工作台无需特殊的地基要求。

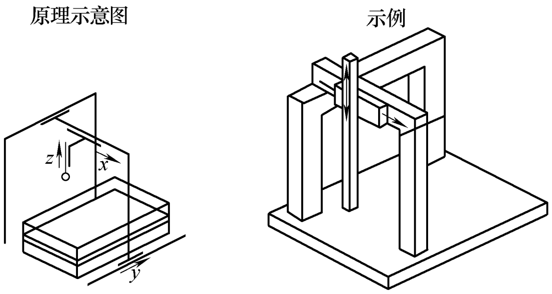


图 7-57　L 型三坐标仪

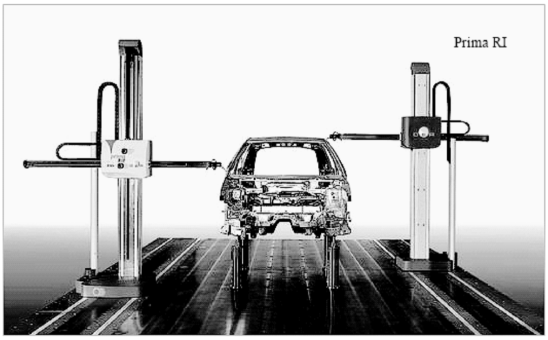


图 7-58　双立柱式测量仪

4）关节臂式三坐标测量仪(见图 7-60)。该测量仪与标准数模对比来调精度，结构轻巧，便携，可以很方便地对汽车行业生产现场的夹具进行测量，或用在其他类似场合。在测量较大型的工件时，由于涉及一次以上的仪器移站来建立坐标系，且为手工测量，关节臂所

建立的基本坐标系中必然包含了移站误差，直接限制了复测的精度级别，因此一般用在对精度要求低于 10μm 以上的场合(国外有些品牌精度可达 5μm)。另外关节部位轴承的磨损以及臂身的变形都会导致其精度发生不可补偿的下降，故使用寿命较短。

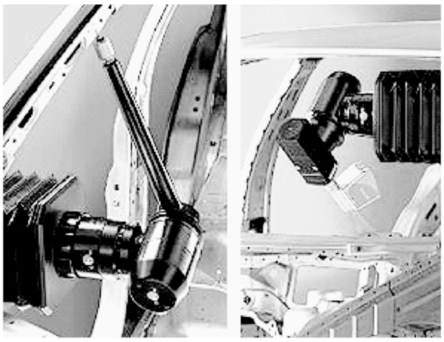


图 7-59　可多维操作的测量仪

图 7-60　关节臂式测量仪

以上是几种主要的三坐标测量仪，我们可根据被测物体的特点，精度要求，安装条件及经济性来加以选用。

4. 三坐标测量仪的主要测量功能衡量

三坐标测量仪可测量物体的尺寸精度、定位精度、几何精度、轮廓精度，且对精度的测量都是以微米为单位。

衡量精度要用专门的标准块规，通过数次的重复测量来获取数据。

如果精度不良要考虑以下几点原因：

1）仪器的空间精度不良，如直角度不佳或未经正确的精度补偿。

2）仪器的刚性较差，导轨干涉或电动机的参数未调整好导致运动精度不佳。

3）未定期保养及检查，或仪器变形、变位导致空间精度降低。

4）操作不当。

5）仪器要求的环境温度、湿度不达标，或被测件未进行环境适应，如没消除热胀冷缩就进行测量。

6）仪器本身制造及配件有问题。

5. 测头

测头(见图 7-61)是测量机上重要的传感器件，它不仅直接影响测量精度，而且是决定测量机功能和测量效率的重要因素。

测头分为接触式(触发式)和非接触式两大类，接触式测头又分为机械接触式测头(硬触头)和电气接触式测头(软测头)；非接触式测头则包括光学显微镜、电视扫描头及激光扫描头等。

电气接触式测头适用于动态测量。这种测头作为测量传感器，是测量机上唯一与工件接触的部件，每测量一个点时，测头传感部分就有一个“接触—偏转—发讯—回复”的过程，测头的测端与被测件接触后可作偏移，传感器输出模拟位移量的信号。这种测头不但可用于瞄准(即过零发讯)，还可用于微测(即测出给定坐标值的偏差值)。电气接触式测头是目前使用最多的测头。

接触式测头结构简单，体积小，能够满足常用的测量要求，且成本较低，但其缺点是采

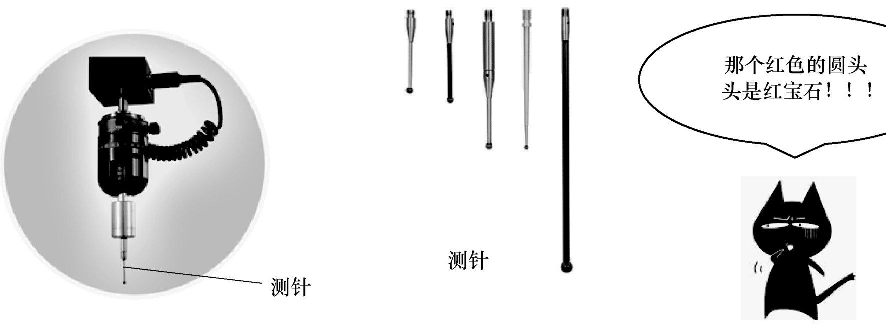


图 7-61　测头、测针

点效率也较低。如果是测量复杂零件、孔位、间距等，使用接触式测头较为方便；如果是测量曲面等大面积数据，则使用非接触式测头较为方便，速度快。

非接触式测头适用于轮廓及形状的测量。这种测头由于在运动中采样，采点率高（最高采点数可达 23000 点/s），重复精度好，可测量柔软质地、外表面易于划伤及脏污的工件，但其缺点是对离散点的测量较慢，在测量工件特征方面有局限性，且动态性能容易对精度产生影响，价格也较贵。

由于两种测头各有优劣，目前已有三坐标测量仪特殊软件。这种软件可以将两种测头完美组合，并且切换便捷，从而实现快速、高精度地完成逆向工程和检测工作。

6. 三坐标测量仪用软件

在三坐标测量仪上，软件是决定整机性能的主要因素，仪器采集的坐标数据需要软件进行评价、对比、分析和图形化（见图 7-62）。

测量软件从建立机器模型、创建测头、转换探头角度、检验测头、测量全过程（包括路径仿真）、几何元素测量到输出报告等均可以实现可视化。

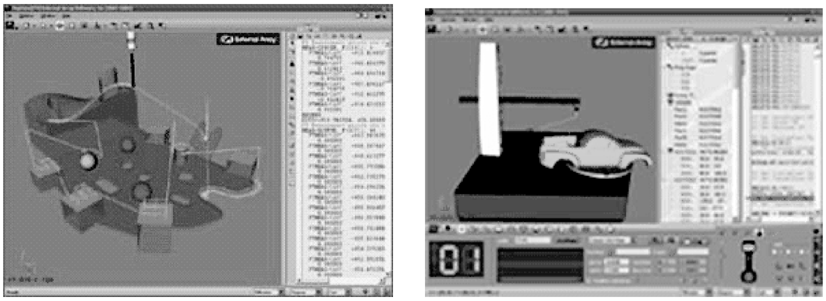


图 7-62　运用三坐标测量仪软件测量实例

测量软件有很多种，然而对计算方法的准确性，目前权威的评价仍然是德国 PTB 认证，即通过在理论数据上叠加各种可控噪声，通过模拟测量机的随机误差来检验软件算法的收敛性和结果。

评价软件功能的完整性，要看是否包含所有形状位置的误差项，是否具有多重国家标准（如 ISO、DIN、JIS、GB）及各种评价准则（如最小二乘、最大实体、最小实体等）。

新一代的测量软件包，利用 CAD 引擎，通过数模编程和图形报告功能，使得操作方式和工作效率有了革命性的改变，不仅可以进行单个零件的测量，还可以向装配组件发展，即

由单个零件的测量数据进行装配模拟，以预测实际的组件状况。

目前三坐标测量仪的主流软件有：PC-DMIS（海克斯康）、NeuroMeasure（济南德仁）、FD-DMIS（佛迪）、MCOSMOS（三丰）、Calypso（蔡司）、Merosoft CM（温泽）、CAM2 Q（法如）、BLUM FormControl（波龙）、SEREIN-DMIS（智泰）、AC-DMIS（爱德华）等（排名无先后）。

（1） 测量软件按功能分类

1） 通用测量软件（基本测量软件），用于完成整个测量系统的管理，包括探针校正，坐标系建立与转换，几何元素测量，形位公差评价，输出文本检测报告等。

2） 专用测量评价软件（特殊测量评价模块软件），是在基本测量软件的基础上，针对某种具有特定用途的零部件的测量及评价软件，可取代一些专用的计量仪器。

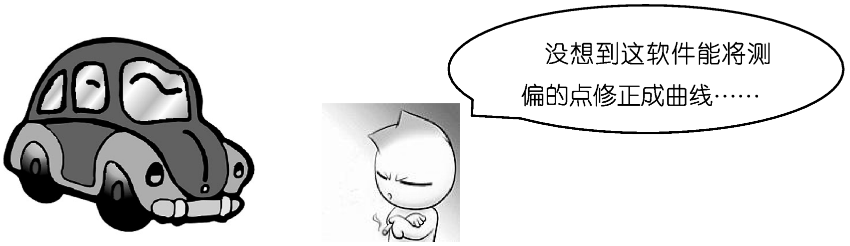
3） 统计分析软件。统计分析在生产过程及工艺设备的状况与能力分析研究中有着重要作用。常用的统计分析指标有平均值、标准偏差、变化趋势（含平均值与标准偏差变化趋势）、分散范围、概率分布等。统计分析软件可以对各种因素进行相关分析。此类软件还可以通过测量数据，对加工设备的能力和性能进行统计分析。

4） 各类驱动、补偿功能软件。为了增强测量机的功能，可利用软件补偿的方法提高测量精度。有的生产厂还提供一些附加功能软件，如误差检测软件、误差补偿软件、激光测头驱动软件及驱动其他厂家测量机的软件等。

（2） 测量软件按被测零件形状分类

1） 箱体类零件。这类零件以组合平面、孔或轴为主要元素，主要测量空间尺寸与元素的形状位置误差，是最基本、最简单的一类测量。

2） 自由曲面类零件，从简单的凸轮到汽车覆盖件均可测量。



测量软件引入 CAD 数模，使曲线/曲面的测量数据处理方法由“点到点”改变为“点到曲线/曲面”。在软件包内部使用的理论模型是真正的曲线/曲面，使测量数据的精度得到提高，克服了测量机空间定位误差的影响。应用连续扫描测头，快速采集高密度的面形数据云图与理论数模比较，给出误差的面分布图，以此全面评价零件的轮廓度误差，同时也可对零件及模具制造与维修提供最直观的指示。

自由曲面测量的另一大类型是薄臂件的测量，如汽车的覆盖件。薄壁件除了面形轮廓外，还具有许多种特殊的测量元素，如槽、间隙、孔边缘点、曲面交点、局部最高点/最低点、定位销、螺栓等。测量薄臂件的一个重要方面是坐标找正。在汽车车身测量中，通行的办法是先对规定的参考点（RPS）找正，在 RPS 点的测量值达到要求后，全面的测量才有意义。

3）特定型面类，指齿轮、叶片、蜗轮/蜗杆、螺纹等类零件，其形状通过一组标准参数来控制。对这类零件的检测有两部分内容，一是控制参数，二是轮廓线或型面。

4）反求测量，主要用于逆向工程。测量软件的表现水平就在于采点的自动化程度、效率以及与 CAD 软件的接口能力上。

逆向工程基本上分为两种：

第一种是简单复制，也叫做 CAM 反求，传统上叫仿形。用测量机实现的方式是使用连续扫描测头，逐行连续采集数据，并直接转换为加工刀具路径。由于零件本身的表面缺陷和测量点的误差都会完全复制到新的产品上，这种反求适用于精度要求不高和简单低端产品。

第二种是技术含量较高的 CAD 反求，即通过自动编程完成扫描采点，定义扫描路径，快速获得 3D 点云，并进行 3D 图形显示、过滤及选择点云，再与 CAD 数据进行拟合和对比，然后通过重新修饰和修改数模生成全新的产品。这里的关键技术是将测量数据转换为数字化模型。

由测量数据实现数模重建，有两种不同的作法：第一种是关键点重建，按 CAD 的传统造型模式，按点—线—面的方法完成；第二种是由点云直接生成曲面数模。

总之，由测量点重建 CAD 数模的功能还是要靠 CAD 软件包来实现。

7. 三坐标测量仪的安装条件

三坐标测量仪属于精密仪器，选择安装地点时，要考虑仪器类型、外形尺寸、机器重量、结构形式、周围环境，如振动情况、温度条件、适合的吊装、辅助设备等，具体如下：

1）温度环境为20℃ ±2℃（温度变化速度：1℃/h，2℃/天），湿度小于 60%，一般不适于有阳光直射的方向。不同的测量仪允许的温差范围也有所不同。

2）测量房间必须清洁，无腐蚀性灰尘和脱落的漆层。门窗的设计要考虑机房的保温要求，以及设备和零件出入的需要。

3）附近不要有压力机、锻造设备、打桩机等振动较大的设备。

4）不要建在强磁场或强电场（如变压器、电火花加工机床、电弧焊及滚焊机）附近、高粉尘区以及腐蚀性气体源附近。

5）因不同的三坐标测量仪有不同的行程范围和空间尺寸，安装地点必须有适当的空间，以便于仪器的就位操作和在正常工作状态下的各种操作，也有利于室内温度的控制。

6）供电电源要满足仪器的要求。

8. 三坐标测量仪的主要品牌

国内品牌有北京航空（CPEI）、西安的爱德华、济南的德仁等，德国的品牌和厂家有 ZEISS（蔡司）、WENZEL（温泽），美国的品牌有 HEXAGON（海克斯康）、FARO（法如），意大利的品牌有 DEA 等（排名无先后）。

思　考

1. 三坐标测量仪主要有几种类型？哪种刚性较好？
2. 在现场测量，什么样的测量仪较合适？
3. 测量精度要求在 0.005mm 范围内的工件，可不可以用关节臂式测量仪？
4. 三坐标测量仪精度不良可能是什么原因？
5. 什么是 CAD 反求？

7.14　生产现场还有哪些检测方法

对于现场大型工件的检测，除了使用便携式三坐标测量仪，还有以下几种常用的经济方便的方法。

1. 光笔测量仪

光电式坐标测量系统使用便捷，可解决大尺寸的模具和汽车等现场的实时测量问题，测量范围可达 30m 长，但其精度比便携式三坐标测量仪要低，一般误差为 25μm。

光笔测量仪的组成：传感器系统（相机）、采点系统（碳纤维测量光笔及测针）、电脑及测量软件。如图 7-63 所示。

相机通过测量镶嵌在测量光笔上的多个红外发光二极管（LED）的坐标，得到测量光笔在空间的位置和姿态（*xyzijk* 六维参数）。由于光笔底端的测针经过精确校准，与光笔的几何位置关系唯一确定，于是被测点的三维坐标就可以精确地计算出来。

为了进一步提高测量精度，也可将光笔测量仪与白光测量系统有机结合。通过测量多个 LED 发光二极管的空间坐标，得到网络结构的六维参数，以对白光扫描测头进行精确定位，再将经过多次拍摄得到的“扫描块”，无缝精确地“缝合”在一起，从而实现对大型曲面的精确扫描。这种方法主要用于检测或逆向工程方面。其测量原理如图 7-64 所示。

光笔测量仪配备有加长部分的测量光笔，结合测针和加长杆，还可以对较深的隐藏点进行测量，如图 7-65 所示。

图 7-63　系统的组成

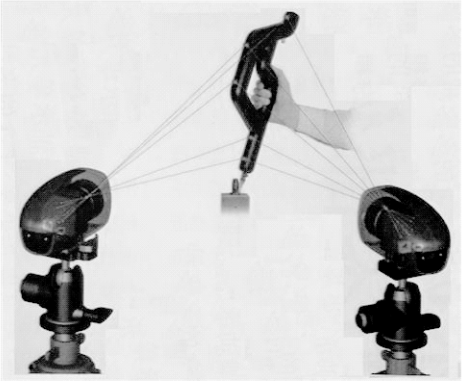
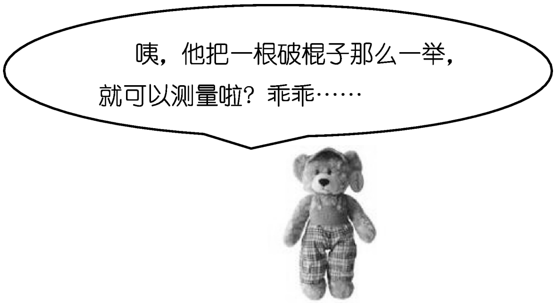


图 7-64　工作原理

图 7-65　光笔测量仪在测量中



光笔测量仪器装在长 1m 的拉杆箱内，总重不超过 30kg，光笔重 0. 5kg。

2. 三维激光扫描仪

三维激光扫描仪是集光、机、电和计算机技术于一体的高新技术，可以便携地对物体空间外形和结构进行扫描(见图 7-66)，从中不仅能获得物体表面的空间坐标，还包括颜色信息和物体反色率的信息，并可将实物的立体信息转换为计算机能处理的数字信号，实现实物数字化。图 7-67 所示是在扫描中的模具的型面数据。

图 7-66　手持式三维激光扫描仪在工作中实例

三维激光扫描技术能实现非接触测量，且具有速度快、精度较高的优点(三维激光扫描仪的扫描速度最高可达到 500000 点/s 的数据采集能力)，空间长度误差不超过 50μm，其测量结果能直接与多种软件如 CAD/CAM 软件接口，在 CAD 系统中可以对数据进行调整和修补，再送到加工中心或快速成形设备上进行零件的加工，极大地缩短了产品制造周期。

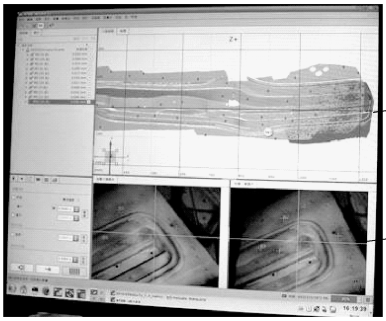


图 7-67　模具的型面数据在扫描中实例

有的手持式激光扫描仪需要在被测工件上喷上显像剂和贴反光标签，扫描布点的坐标，合成曲面数据。点越多，曲面形状扫描精度就越高。扫描开始后，反光点的位置就不能移动了。

3. 数码相机(装有特殊镜头)**摄影测量**(图 7-68)

应用摄影测量学，用相片来获取三维位置信息，然后通过软件对不同角度摄取的 6 ~ 8 幅甚至更多的图像进行比较，自我校正和补偿误差，也可以在比较近的距离内，利用这一技术确定工件的 *xyz* 坐标。对于一个 10ft㊀的物体而言，其检测精度可达 0. 001 ~ 0. 002in㊁。摄影测量技术的一大优点是不受零件移动或振动的影响。

系统测量数据时，必须要使用反光灯或针尖式照明灯光来照亮测量各点，其方法有以下几种：

1) 紧贴目标检测法。将反光标签粘贴在被测件上，如图 7-69 所示。

㊀ 1ft = 0. 3048m。

㊁ 1in = 0. 0254m。

图 7-68　数码照相测量系统及现场测量过程

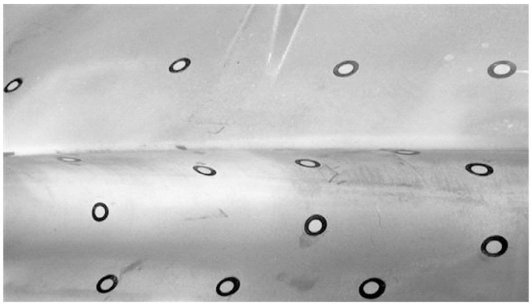
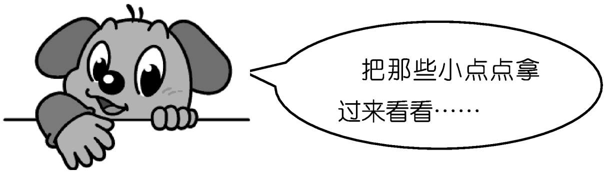


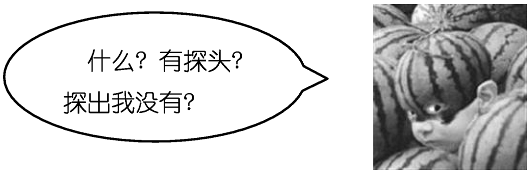
图 7-69　数据采集涂层(显像剂)和反光点布置



2）硬目标定位检测法。贴附反光硬件，即以帽子的形式安装在工件的角落上或将柄插在孔内。这些目标采用脱机测量，这样反光器与其下面被测量特性之间的关系可以很精确地测量出来。

3）采用白光点光栅检测法。将光栅投影到零件上，检测绘制出带有角度或带有曲面的坡面图或轮廓图。

4）探头测试法。采用带有反光器的标准坐标测量探头，使其与测量点接触。采用这种方法需要两架相机与探头联动同步工作。



思　　考

1. 现场大型工件的测量主要有哪几种检测仪器？
2. 哪种便携式测量仪器的精度相对较低？
3. 光笔测量仪使用时要不要贴反光标签？
4. 扫描时，要对被测件做哪些前期准备工作？

第 8 章　冲 压 检 具

8.1　什么是冲压检具

冲压检具是一种用来测量和评价零件尺寸质量的专用检测设备。

使用检具及量具，可以对冲压件进行立体型面、边界线、孔位和孔径精确度等项目的检测，还可以做到在三坐标设备上在线检测。检具在汽车车身冲压件的检测上有着广泛的应用，如图 8-1 所示。

零件检测方式是将被测件放在检具的定位面上，夹紧固定后，通过检测工具对零件相对检具上的各项基准选点作误差测量，最后得出结论。

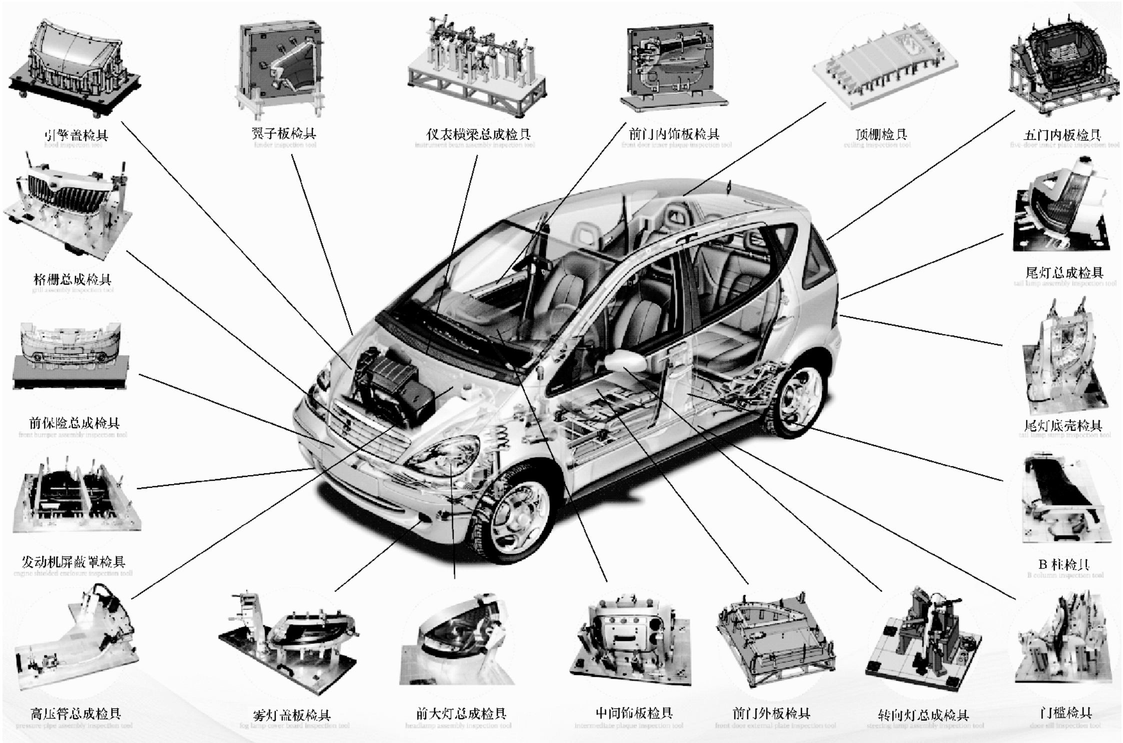
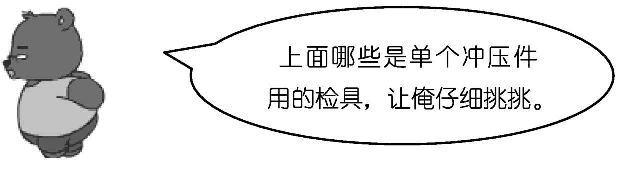
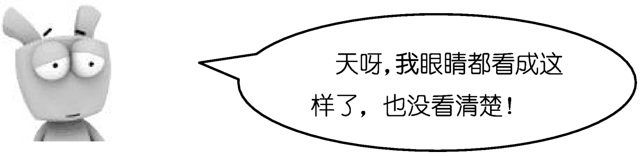


图 8-1　检具的主要类型示例





8.1.1　冲压检具的主要组成部分

冲压检具如图 8-2 和图 8-3 所示。

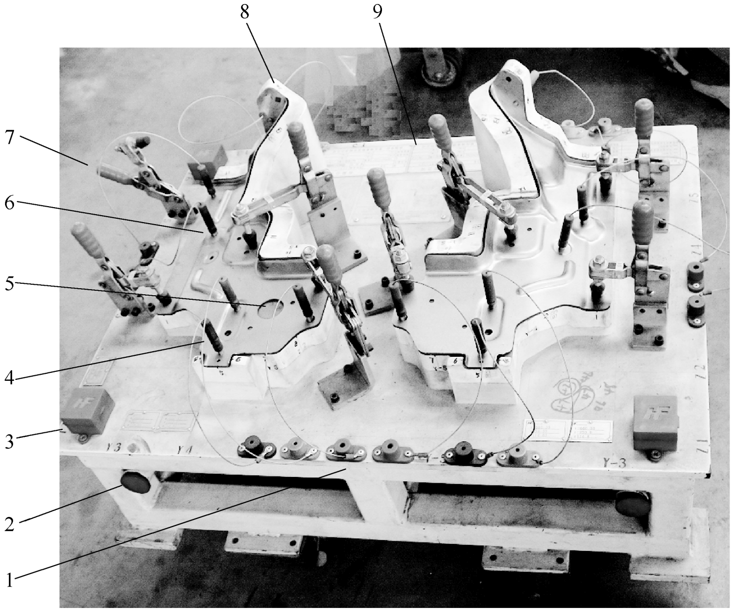


图 8-2　冲压检具示例 1

1—销座　2—吊耳　3—检测基准块　4—定位销　5—孔位孔径检测点　6—检测销
7—压紧器　8—型面及边界线检测面　9—铭牌

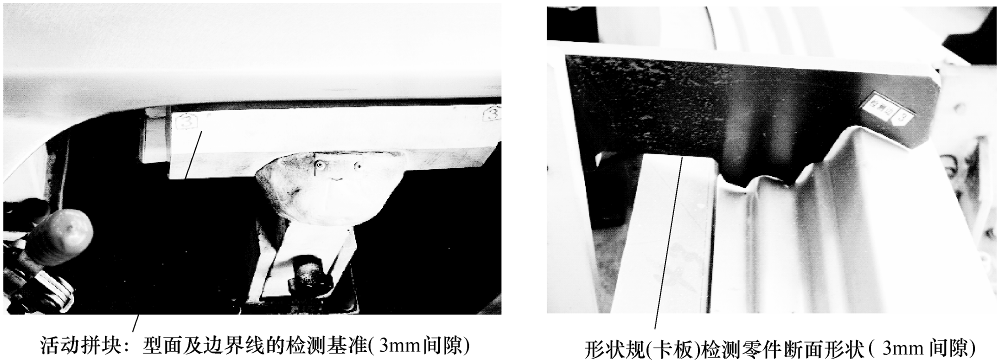


图 8-3　冲压检具示例 2

8.1.2 检具的要素

1. 精度要符合用户的要求

检具是按照用户提供的 CAD 数据、数模或图样为依据来制造的，这些数据和图样也是检具精度验收的基准。

2. 检具的制造及检测基准

1）制造基准面：中大型检具的底座上要设置 4 个 X、Y、Z 制造基准面，基准面精度必须经过磨削加工而成。基准面的坐标值直接截取车身坐标系数值。

2）辅助测量基准（基准块）：为了在加工检具或利用检具进行三坐标测量时便于检具准确固定于机床台面，要在检具上设置两个基准孔，如图 8-4 所示。基准孔的间距为 100mm 的倍数，最好落在汽车坐标系的百位线上。两个基准孔要设置标识，并标出坐标值。

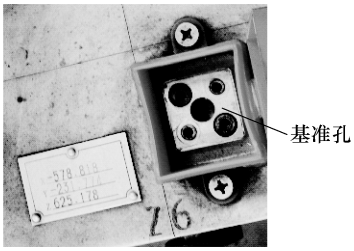


图 8-4　检具基准块（孔）示例

3）检测坐标：检具上零件放置的位置坐标原则上要与汽车车身坐标系一致，其位置公差要求在 ±0.2mm 之内。坐标线根据检具大小和复杂程度按 50mm、100mm、200mm 间隔来划分。

3. 检测面

零件的型面、断面、边界线、内轮廓线、边界面等的检测，都可以通过检具的检测面来实现。

检测面检测分为零件边界线形状尺寸检测和零件型面与检具的间隙尺寸检测。

检测面与零件的标准等间隙值常分为以下几种类型：

1）0mm 检测面（零位面）：零件位置基准定位面，辅助用支撑面、压紧面，检具与零件的面差检测面、边界检测面等。

2）1mm 检测面：零件的检测面，如孔的检测面。

3）3mm 检测面：零件的检测面。

4）5mm 检测面：5mm 间隙主要是数控加工需要的让刀面，一般用在大型零件的检测上。

图 8-5 和图 8-6 所示为检具不同检测面的示意图。

设立不同的检测面，一是便于作比较测量，二是在零件轮廓和形状出现一定异常时，零

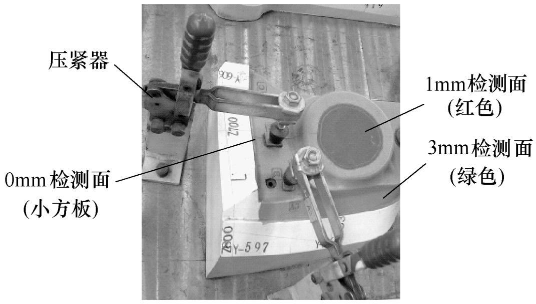


图 8-5　检具的检测面示意图 1

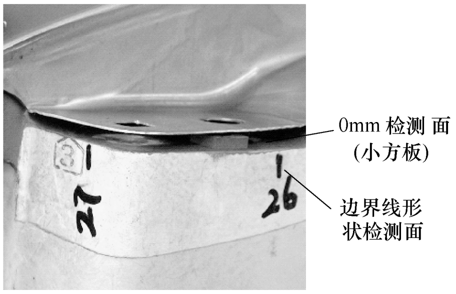


图 8-6　检具的检测面示意图 2

件仍然能在检具上定位。

4. 内轮廓线的检验

内轮廓线主要是指各类形状的冲孔，包括立体型面上的非平面孔和翻边孔等轮廓线。

内轮廓线视检查的方便性在检具上设 0mm 线、3mm 间隙线或 3mm 间隙检测面。除了通过检测面检查零件翻边的高度，还要通过检具与零件的间隙大小来检测零件的立体轮廓形状是否符合要求，如图 8-7 所示。

对于形状规则的较小孔径、孔位的检测，可以按图 8-8 所示在检具上做 3mm 画线孔，还可以采用检测销来检测(见图 8-2)。

图 8-7　3mm 检测面示例

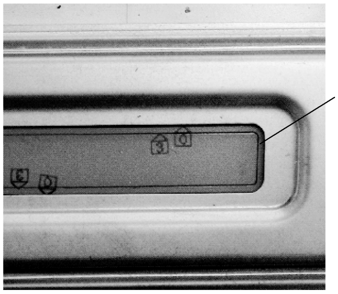


图 8-8　3mm 画线孔示例

5. 检具颜色的规定

检具的颜色要根据检测面的功能不同而变化(见图 8-9)。颜色可自行规定，一般常规颜色为：

白色：0mm 形状检测面
红色：1mm 检测面
绿色：3mm 型面检测面
果绿色：检具本体及构架

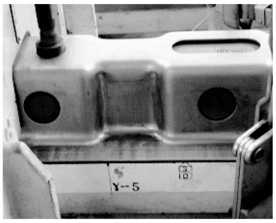


图 8-9　检具颜色示例

6. 检具的其他要求

检具要便于冲压件定位和检测，要合理设立活动拼块、压紧器和定位销等装置，如图 8-10 所示。

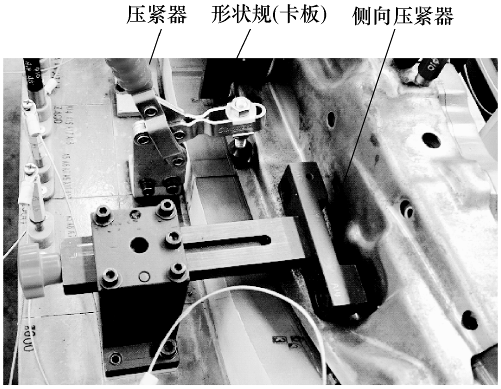


图 8-10　检具的零件固定和检测装置示例

8.1.3　检具的制造材料

检具要选取合适的材料进行加工制造。检具有强度要求，耐压要求，耐冲击性要求以及在不同温度下保持精度稳定的特性要求。

一般检具用材料如下：

1）检具型面等工作部位：对于重量大于 20kg 的大中型检具，主要用可加工的树脂材料

（如 XB5112/XB5166）制造，小型检具主要用铝合金制造。如图 8-11 所示。

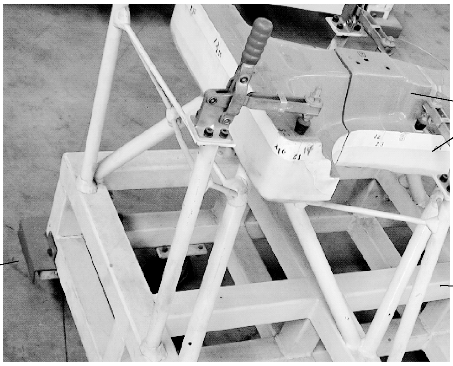


图 8-11　检具材料示例

制造时，将树脂材料覆盖粘接在铝铸件上，然后使用 NC 机床，采取 CAD/CAM 手段将检具检测面铣削而成。小型检具的型面直接用铝铸件或铝合金铣削而成。

2）检具的构架：由国产 ZL101 或德国的 GG-26 铸铝合金或铝合金型材焊接组合而成。所有焊接部位都要作去应力时效处理。检具构架要有足够的强度，以防止变形。

另外检具形体部分每隔 200～500mm 长度应切割伸缩缝。伸缩缝不大于 2mm。

8.1.4　检具的其他辅助设置

检具的其他辅助设置包括起吊用吊耳、带自锁的滚轮等；检测区域要留有叉车操作的空间；对小型检具，还需设立把手等。

要注意的是，检具的可重复性和再现性要高。

思　　考

1. 检具的要素有哪几条？
2. 为什么基准边要设 3mm 线（边）？
3. 用三坐标测量仪检测检具的精度，以什么为基准？
4. 检具基准孔起什么作用？
5. 检具主要有几种颜色，各代表什么？

8.2　检具测量零件的步骤有哪些

检具检测零件的首要步骤，是对检具和零件的相应位置进行选点，然后利用选定的各点，对一组零件作对比测量，并根据各点的编号，依次作记录，下结论。

1. 选点原则

根据零件在坐标线的位置及零件形状变化率，依次每隔 100mm 或 50mm 取一个点。零件选点要根据检具的选点来定，两者要一致。

检具及零件选点图如图 8-12 和图 8-13 所示。

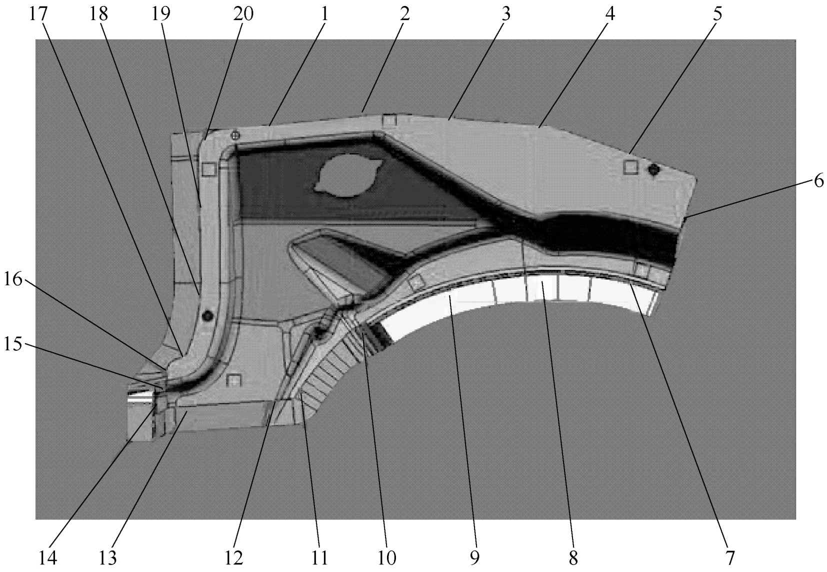


图 8-12　检具上零件边界、面差选点实例

2. 拟定检验项目和检验误差范围

对立体形状的零件，一般有以下三个测量元素：

1）面差：零件型面与检具检测面的高度误差值，是衡量零件立体型面是否符合要求的数值，此值根据产品的需要而定，如图 8-14 中，设定面差的误差范围为 ±0.5mm。

2）轮廓差：零件的外轮廓线、内型线，包括型面轮廓线、切边线、翻边线等边界线与检具检测线或检测面之间的误差，设定误差值为 ±0.5mm。

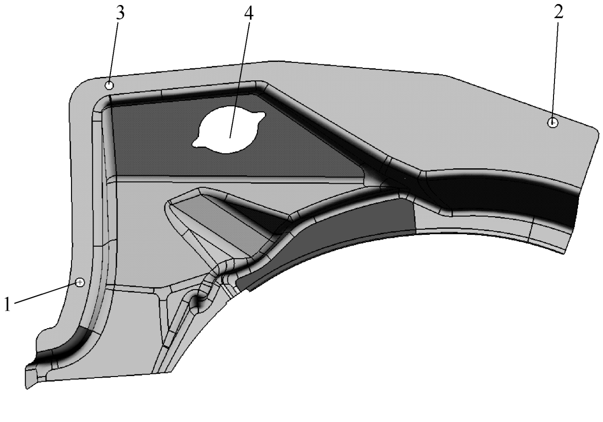


图 8-13　零件孔选点实例

图 8-15 中，检具通过设立 3mm 外轮廓检测线来进行测量。

图 8-14　型面检测示例

3）孔径、孔位精确度：根据使用要求确定，或按冲压件的孔位公差确定。

将检测销通过零件孔位，插入检具的标准孔内，如果插不进去，或目视及测量的误差大，超过了允许范围，则不合格，如图 8-16 所示。

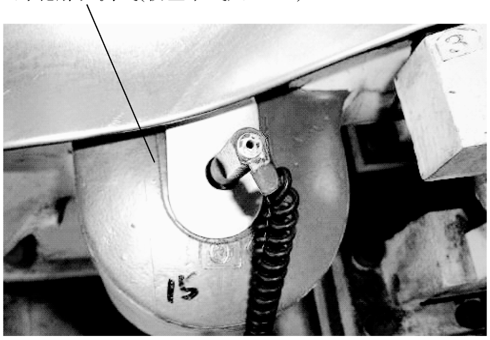


图 8-15　外轮廓检测线示例

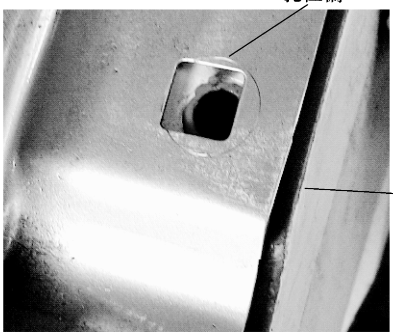


图 8-16　零件孔位、外轮廓线相对检具出现误差示例

3. 检具检测记录表主要内容

表格除了必需的零件号、零件名称、车型(产品名)、使用材料及外观、选点零件图、检测零件数量外，主要有以下几点内容，见表 8-1。

表 8-1　检具检测记录

检查项目	检查方法	判定基准	选点测量值					判定结论
			1	2	3	……	15	
内、外轮廓线								
切边线								
翻边线								
其他边界线								
面差								
孔位置度								
孔径								
其他								
点数统计：		合格点数						
		点数合格率						

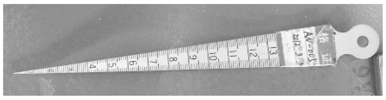
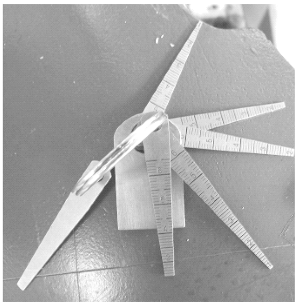
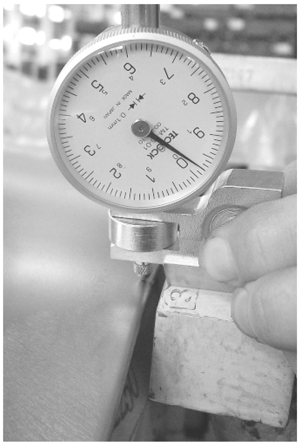
思　考

1. 在检具上检测零件的步骤是什么？
2. 如何在零件和检具上选点？
3. 选点检测的内容范围是什么？
4. 选点检测完毕如何处理？

8.3　怎样用检具检测零件

1. 检具检测用工具(见表 8-2)

表 8-2　检具检测工具

检测工具	工　具　图	主要测量用途
卷尺	略	测量长度较大的外形线
钢直尺	略	测量边缘(轮廓)线误差
游标卡尺	略	测量孔位、孔径偏差
间隙尺		测量零件与检具的贴合度，用在测量位置较深的部位
小间隙尺(一组)		测量零件与检具的贴合度，用在方便操作的测量位置上
十分表		1）测量零件型面与检具的面差 2）测量零件的轮廓差

那个表，俺没地方买，咋办呢？！

对要求不高的零件，可以用图 8-17 所示的简易面差测量法，即借助平放在检具检测面上的钢直尺，测量与被检零件之间的间隙。

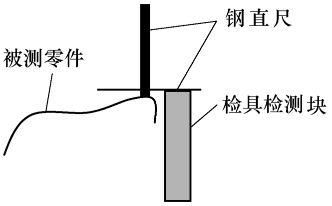


图 8-17　简易面差测量法

2. 检具的检测方法

检具的具体检测方法如下：

1）打开压紧器和活动拼块(见图 8-18)，将待测零件放在检具上压紧(见图 8-19)，型面贴合，插上定位销(见图 8-20)。

图 8-18　打开检具的压紧器和活动拼块

图 8-19　零件放在检具上压紧

图 8-20　插上定位销

2）检测面差。测量零件型面与检具检测面的高差。

图 8-21 中的“十分表”是一格为 0.1mm，转一圈是 10mm。

图 8-21　测面差

3）检测轮廓线，如图 8-22 ~ 图 8-24 所示。

图 8-22　用间隙尺测轮廓差

图 8-23　用钢直尺测量与 3mm 线的差值

图 8-24　用十分表测量零件轮廓线偏差

对检具测量某些空间狭小(见图 8-25)或测量困难的情况，可以自制小用具解决，如图 8-26 所示。

图 8-25　测量空间狭小

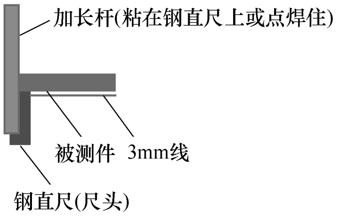


图 8-26　加长钢直尺测量图示

注：将钢直尺加长，测量时可从上面钩住零件边来测量，避免手从下面狭窄的空间进入困难。

4）检测零件孔位(略)。

5）检测零件的不贴合误差，如图 8-27 所示。

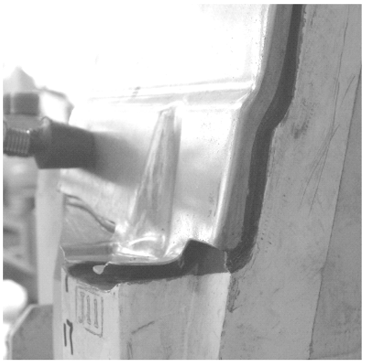


图 8-27　零件变形示意图

思　　考

1. 测量面差没有十分表怎么办？
2. 如果零件的轮廓线盖住了基准线怎么办？
3. 间隙尺是测量什么的？如何测？

8.4　检具对制造精度有何要求

▲RPS：汽车制造的基准点系统，以汽车车身坐标系为唯一坐标系，所有零部件的理论坐标数据都以汽车车身坐标来表达。

采用 RPS 基准点系统，可使零件设计基准点、工艺夹紧点、工艺定位点、测量基准点统一，实现精确的坐标控制，提高零部件的制造精度，减少零部件因基准不协调而产生的偏差，汽车的装配精度也得以提高，从而使汽车生产过程的质量稳定性有了可靠保证。

检具是依据零件的数模或 CAD 数据，通过数控设备采用 CAD/CAM 直接加工出来的检验装置，检具的精度可以根据用户的要求而定。

检具的设计精度通常取被检件公差 10% 作为检具测量精度系数。

检具精度检测环境：温度应保持在 20℃ ±2℃，相对湿度在 25% ~75% 之间。

检具的测量系统对可重复性和可再现性要求较高，其判断标准见表 8-3。

表 8-3　测量系统的重复性和再现性判断标准

序　　号	误 差 点 数	判 断 标 准
1	10%	测量系统可接受
2	10% ~30%	可能可接受，取决于实际应用的重要性、量具费用和修复费用等
3	30%	必须改进量具系统，尽力找出问题并纠正

1. 坐标的精度

检具上零件放置的位置坐标原则上要与汽车车身坐标系一致，其位置公差要求在

±0.2mm 之内。

坐标线根据检具大小和复杂程度分别按 50mm、100mm、200mm 来划分，刻度线深度和宽度为 0.1mm。

2. 检具的定位销和检测销的精度要求（见表 8-4）

表 8-4　定位销和检测销制造精度要求　（单位：mm）

类　别	相对零件定位孔径 D 和检测孔 d 的尺寸	制造公差	
		$D/d \leq 28$	$D/d > 28$
定位销	$D-0.05$	下极限偏差 = −0.02	按 g6 配合
检测销	零件检测孔孔径(d) − 位置公差/2 + 孔径(d)下极限偏差	下极限偏差 = −0.02	按 g6 配合

3. 检具和测量支架的精度要求（公差）

检具的精度和产品的要求有关。检具主要的检测项目及制造精度示例见表 8-5。

表 8-5　检具制造精度示例（公差）　（单位：mm）

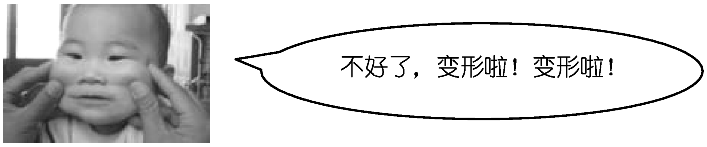
序　号	检 测 项 目	公 差 值
1	基准面 Z 平面的平面度	0.05
2	基准面 Z 平面与底板上平面的平行度	0.1/1000
3	基准面的 X 面与 Y 面的垂直度	±0.05/1000
4	基准面的表面粗糙度	$Ra=0.8\mu m$
5	基准孔位置	±0.05
6	基准孔之间相对位置误差	0.03
7	坐标网格线位置相对基准的误差	0.1/1000
8	坐标网格刻线	宽度 0.15~0.20　深度 0.25
9	RPS 定位孔销位置	±0.05
10	RPS 定位面、支撑面	±0.10
11	曲线测量面	±0.15
12	零件外轮廓测量面（齐平面）或线	±0.1
13	零件形状功能测量面（3mm 或 5mm 间隙面）	±0.1
14	所有的造型面（非测量面）	±0.2
15	形状规或卡规	±0.15
16	检验销孔位置	±0.05
17	画线孔位置	±0.15
18	画线孔直径	±0.2
19	目测孔位置	±0.2
20	目测孔直径	±0.2

思　　考

1. 检具的哪些部分对精度有要求？
2. 曲线测量面的公差是多少？
3. 检具的零件坐标与车身坐标有什么关系？

8.5 检具作业规范有哪些内容

1. 检具的使用作业规范



1）检具搬运和移位要防止发生碰撞及强烈震动。

2）检具要尽量在18～25℃的环境中存放和使用(恒温中使用最佳)。

3）将检具擦拭干净。

4）确认零件各检测面、形状规、活动拼块、定位销、检测销以及压紧、定位装置完好。

5）要保持检具原色(用户可自行设定检具的颜色)，不同检测面的颜色为：

0mm：白色

1mm：红色

3mm：淡绿色

非工作面：果绿色

6）检具的检测间隙要保持均匀准确，如有异常要及时反馈。

7）零件检测时，打开所有压紧器和活动拼块，将零件置于检具上，确保零件与定位面贴紧。

8）插入定位销，再平稳合上压紧器。

9）依次插入检测销检查孔位和孔径，用完后再依次将检测销放回销座。

10）合上活动拼块，用间隙规或间隙尺、直尺、十分表来检测型面、轮廓，其余的为目测。

11）检测及记录完毕，打开压紧器及所有检测装置，拔出主副定位销，取出零件。

12）合上压紧器及所有检测装置，使之处于关闭状态，以备下次使用。

13）不得擅自拆卸、换件或改制检具零部件。

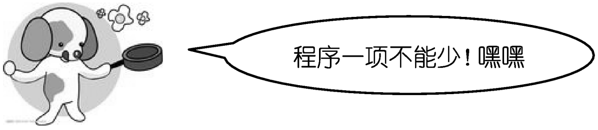
14）当检测偏离合格状态时，要作详细记录，并及时上报处理。

15）要妥善保管好检具的各项标识及各类零部件。

16）检具使用完毕要覆盖防护罩。

17）当发现检具的硬件异常应立即停止使用，并及时上报管理部门予以维修或维护。

18）当检具被损坏时，要填写事故报告单交管理部门。



2. 检具的运输及管理作业规范

1）检具进出库要按规定办理登记手续。

2）检具要定置存放。

3）检具不得叠放，不得使其任何基准面及工作部位处于受压状态，下滚轮与放置表面要实地接触，不虚空。

4）避免检具受到磕碰和撞击。

5）不得将检具当成工具或挪作他用。

6）要避免接触油污或酸、碱等腐蚀性物质。

7）检具长期不用要封存。

8）检具报废要经过质检部门和技术部门验证，并记入报废档案。

9）检具要根据使用频次作定期检验，并记录在案。

10）检具要避免风吹、日晒、雨淋。

11）定位销和检测销长期不用时，应在销套和配合部位分别涂油后放置在存放座内。

12）检具运输时必须有包装箱，并在基准面下垫放防磕碰材料，同时采取避免与箱体磕碰的措施。

13）检具运输时不得侧置或倒置。

思　　考

1. 检具在什么温度范围内测量数据最佳？
2. 检测销用完后怎么放？
3. 检测数据异常怎么办？
4. 检具能否叠放和侧放？
5. 零件怎样放在检测面上？

8.6　检具制造和验收的流程是什么

1. 检具的制造流程

1）确定用户对检具的技术要求。

2）用户审核会签检具厂家的设计方案。

3）采购备料。

4）机械加工。

5）零部件检验。

6）钳工组装修整。

7）利用三坐标测量仪进行检测、调试。

8）表面处理。

9）各种部件固定。

10）三坐标测量仪复测，做检测报告。

11）作涂装并做铭牌、标签。

12）检具厂家各相关负责人签字。

13）交用户验收。

2. 检具的验收流程(见图8-28)

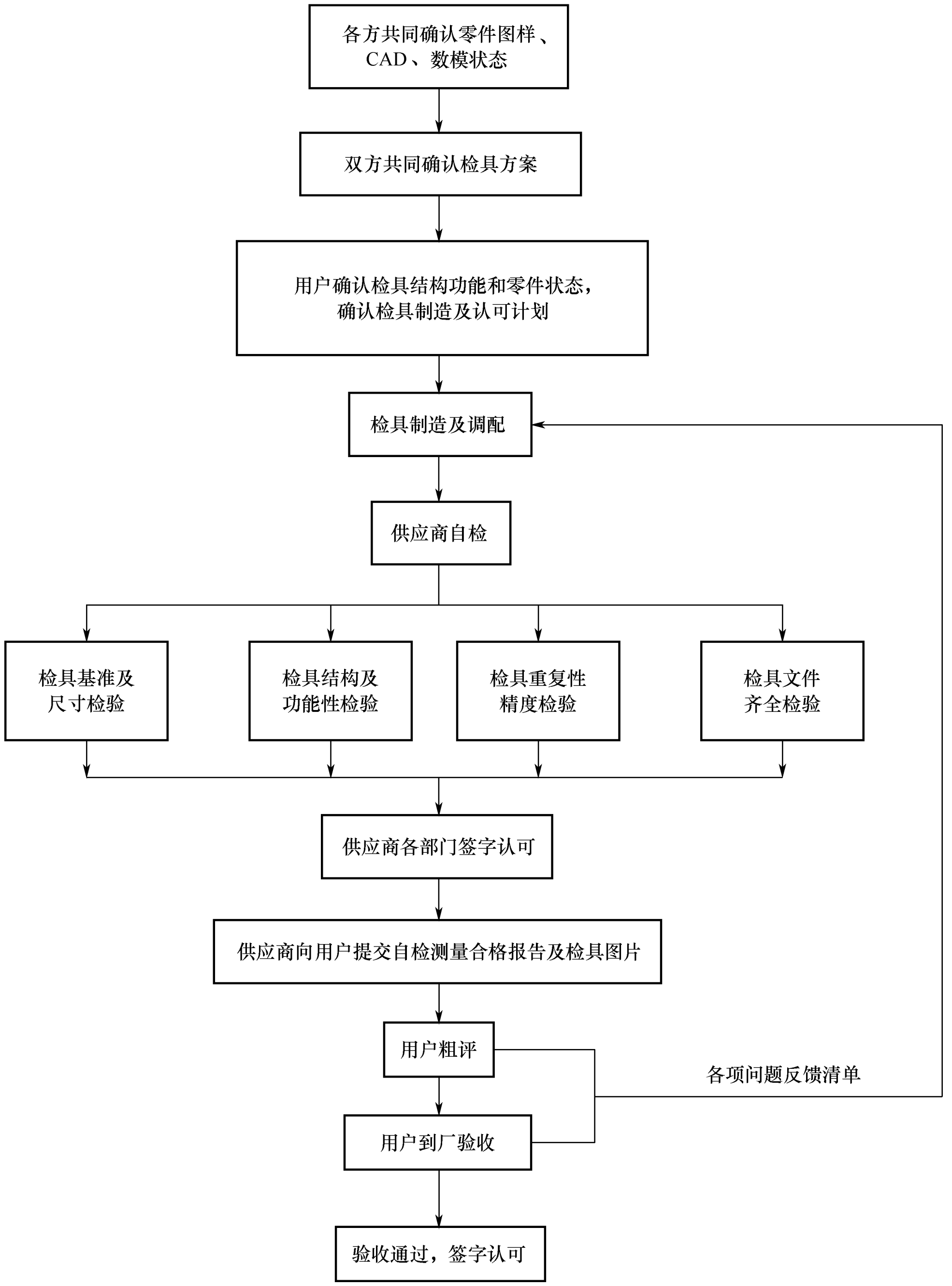


图8-28 检具验收流程图

思　　考

1. 向检具供应商提交的制造用数模是否要对状态进行冻结?
2. 检具供应商的设计方案是否需要用户会签?
3. 供应商自检的内容有哪几大项?

8.7　检具验收有哪些主要项目

1. 检具验收主要项目(表 8-6)

表 8-6　检具验收主要项目

序　号	检 测 项 目	重　要　度		
		重	中	轻
1	基础结构			
1.1	基础框架结构	●		
1.2	连接结构	●		
1.3	零件摆放	●		
1.4	系统基准(基准孔/面)	●		
1.5	RPS 符合技术资料	●		
1.6	RPS 定位销	●		
1.7	定位系统(销套)	●		
1.8	其他 RPS 定位	●		
1.9	压紧器等压料装置		●	
1.10	检具材料	●		
1.11	设计变更	●		
2	检测功能			
2.1	型面检测	●		
2.2	边界线检测	●		
2.3	孔位和孔径检测	●		
2.4	检测销尺寸和功能	●		
2.5	目测孔	●		
3	支架功能			
3.1	可操作性	●		
3.2	型面和切边可测	●		
3.3	所有孔可探测	●		
3.4	RPS 可测	●		
4	功能检验			
4.1	用零件检验检具功能	●		
4.2	定位销定位功能	●		
4.3	形状规及活动拼块功能	●		

（续）

序号	检测项目	重要度		
		重	中	轻
5	精度			
5.1	坐标线精度	●		
5.2	基准块精度	●		
5.3	定位销精度	●		
5.4	检测销精度	●		
5.5	零位面精度	●		
5.6	3mm 线(5mm 线)精度	●		
5.7	轮廓精度	●		
5.8	形状规及活动拼块精度	●		
5.9	重复性精度	●		
6	辅件及其他			
6.1	检具伸缩缝误差		●	
6.2	螺钉和销钉等紧固元件			●
6.3	手柄			●
6.4	定位销座			●
6.5	链条			●
6.6	销盒			●
7	标牌			
7.1	检具铭牌	●		
7.2	坐标刻线	●		
7.3	销子及夹头编号标识			●
7.4	颜色		●	
8	资料			
8.1	检具各种设计资料	●		
8.2	使用说明书	●		
8.3	自检精度报告	●		
8.4	材质报告	●		
8.5	零件检测方案	●		
8.6	操作指导书		●	
8.7	检具合格证	●		
9	运输			
9.1	检具运输结构	●		
9.2	滚轮	●		
9.3	叉车作业空间及吊耳	●		

2. 检具验收结论表

检具验收完毕，用户对每套检具要出具验收结论表，结论意见是“合格”或“不合格”，见表 8-7。

合格的检具可直接投入使用，不合格的检具要附上问题清单，交检具制造商整改。

检具问题的最后处理方案如果是让步接收，是扣除检具生产商一定数额的款项还是如何处理，由相关部门再作决定。

表 8-7　检具验收结论表

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">厂标</td><td colspan="2" rowspan="3">检具验收结论表</td><td>检验报告号</td><td></td></tr>
<tr><td>零件号</td><td></td></tr>
<tr><td>验收日期</td><td></td><td>零件名称</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">测量仪器：</td><td>精度</td><td>(0.005)</td><td colspan="2">鉴定日期：</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="6">验收资料：
□ ________　　□ ________
□ ________　　□ ________
□ ________　　□ ________
□ ________　　□ ________

结构：　□ 合格　□ 不合格；　尺寸：　□ 合格　□ 不合格
功能性检验：□ 合格　□ 不合格；　重复性精度：□ 合格　□ 不合格</td></tr>
<tr><td colspan="6">备注：</td></tr>
</table>

第 9 章　冲 压 材 料

9.1　冲压材料性能有哪些基本概念

1. 金属材料的单向应力-应变曲线

金属材料变形一般遵循图 9-1 所示变形规律。

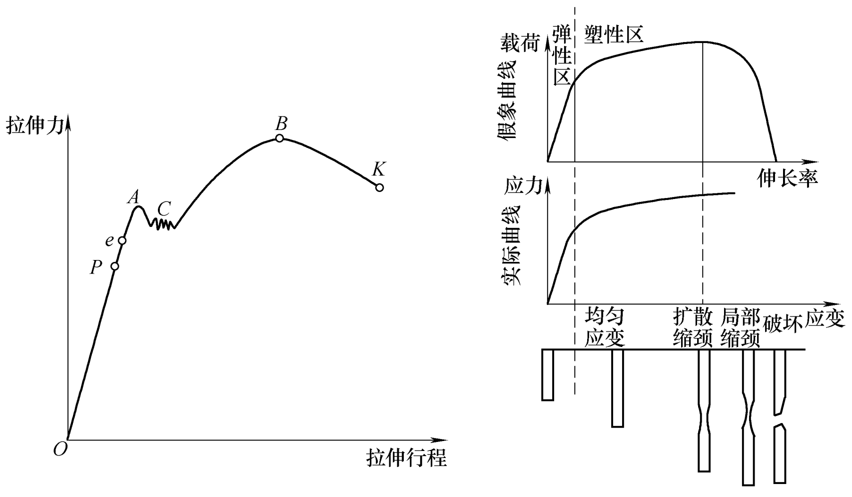


图 9-1　金属单向应力-应变曲线

a）有明显的屈服现象　b）无明显的屈服现象

从图 9-1a 中可以看出：

1）O 到 P 阶段：材料拉伸的弹性变形阶段，属可逆的形变。

2）P 到 e 及 e 到 A 阶段：除弹性变形外还有塑性变形，即非线性弹性阶段。

3）A 到 C 阶段：产生不均匀塑性变形（不可逆的永久变形）。

4）C 到 B 阶段：均匀的塑性变形。

当材料屈服到一定程度后，由于内部晶粒重新排列，其抵抗变形能力又重新提高，此时变形虽然发展很快，但却只能随着应力的提高而增加，直至应力达最大值，因此 B 点为材料的抗拉强度或强度极限 σ_b。

5）B 到 K 阶段：材料抵抗变形的能力明显降低，并在最薄弱处发生较大的不均匀塑性变形。此处试件截面迅速缩小，出现缩颈现象，直至在 K 点断裂破坏。

2. 抗拉强度 σ_b

抗拉强度指材料在拉断前所能够经受的最大应力，如图 9-1 和图 9-3 所示。

在拉伸过程中，当拉伸力达到最大值 P_{max} 时（图 9-1 中的 B 点），即材料达到其抗拉强度

σ_b时，试样的均匀拉伸变形阶段结束，出现缩颈，这种状态为塑性拉伸失稳。

对于弹塑性材料，σ_b表示材料最大均匀塑性变形的抗力，拉伸试样在承受最大拉应力之前，变形是均匀一致的，但超出最大拉应力之后，金属开始出现缩颈现象，即产生集中变形；对于没有(或很小)均匀塑性变形的脆性材料，它反映了材料的断裂抗力。

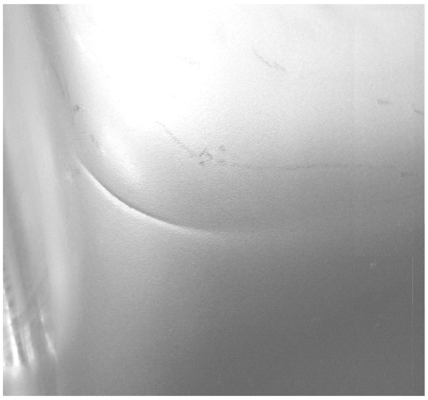
抗拉强度 σ_b(MPa)的计算：

$$\sigma_b = \frac{P_{max}}{A_0}$$

式中　P_{max}——试样在拉断时所承受的最大拉力(N)；

　　A_0——试样的原始横断面积(mm^2)。

材料成形必须超过弹性极限，在塑性范围内进行，才可以得到永久变形，但不能超过缩颈阶段，否则在后续冲压工序及使用中很容易导致破裂。因此材料最大的许可变形，以不出现局部缩颈为限，否则零件为不良品甚至是废品。冲压件由缩颈到断裂实例如图 9-2 所示。



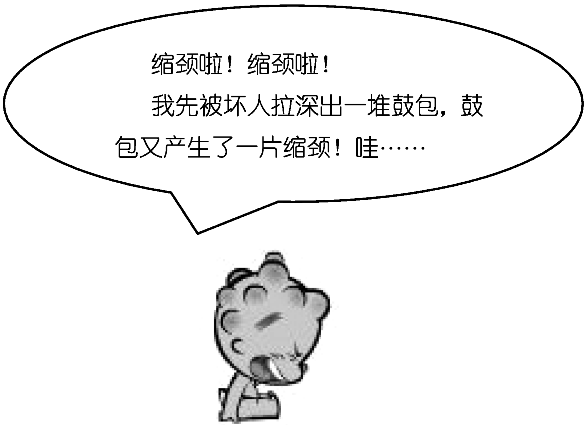


图 9-2　冲压件由缩颈到断裂实例

3. 屈服强度 σ_s

屈服强度指材料在出现屈服现象时所能承受的最大应力，也就是材料开始宏观塑性变形的应力值，如图 9-3 所示。

屈服强度从另一角度来理解就是试件加载后再卸载，以不出现残留永久变形，材料能够完全恢复的最高“弹性极限”时的应力为标准，超过材料弹性极限即开始屈服。

当应力超过弹性极限，进入屈服阶段后，变形增加较快，此时除了产生弹性变形外，还产生部分塑性变形。当应力达到图 9-3 中的 A 点后，塑性应变急剧增加，应力出现微小波动，这种现象称为屈服。这一阶段的最大、最小应力分别称为上屈服强度和下屈服强度。

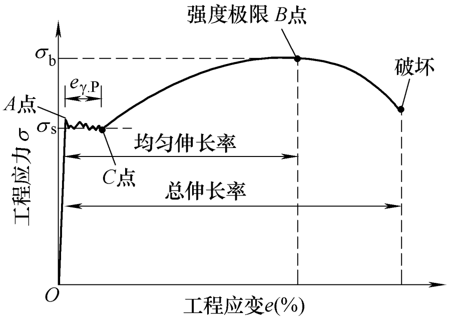
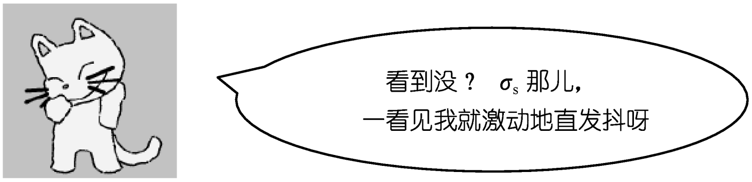


图 9-3　单向拉伸应力-应变曲线

由于下屈服强度 σ_{sL}的数值较为稳定，因此以它作为材料抗力的指标，称为屈服强度(俗称为屈服点)。



对于屈服现象明显的材料，屈服强度就是出现屈服时的应力(屈服值)。

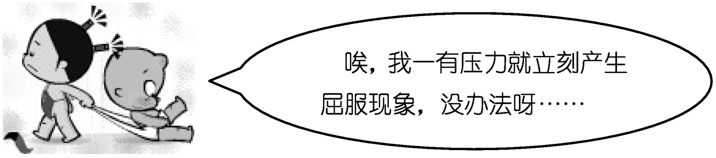
对于屈服现象不明显的材料(见图 9-1b)(如高碳钢无明显的屈服现象)，通常以发生微量塑性变形(0.2%)时的应力作为该钢材的屈服强度，称为条件屈服强度。

屈服强度 σ_s(MPa)计算公式为

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0}$$

式中 A_0——拉伸试样的原始横断面积(mm^2)；

P_s——拉伸试样出现屈服平台时的拉伸力(N)。



4. 断后伸长率 A_0(极限伸长率)

断后伸长率指金属材料受拉力作用发生断裂时，试样伸长的长度与原始长度的百分比。测试伸长率用的试件主要有两种规格，不同的钢材标准采用的试样检测规格不同：

一种是 $L_0 = 50mm$，$b = 25mm$；

另一种是 $L_0 = 80mm$，$b = 20mm$。

其中 L_0 是拉伸试样的原始长度，b 是拉伸试样的宽度。

这两种规格的断后伸长率 A_0 之间的换算关系：

冷轧板 $A_{50mm} \approx 1.26 A_{80mm}$

热轧板 $A_{50mm} \approx 1.12 A_{80mm}$

日本 JIS 标准多采用 50mm × 25mm 的试样，德国 DIN 标准多采用的是 80mm × 20mm 的试样。拉伸试验的试样如图 9-4 所示。

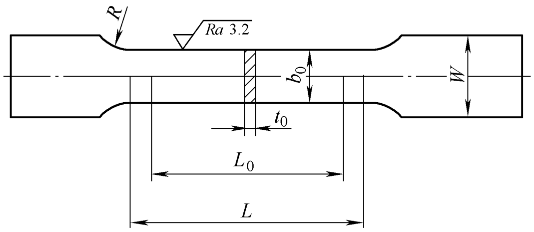
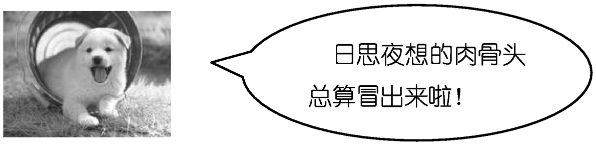


图 9-4 拉伸试验试样



均匀伸长率 δ_u：拉伸试件在拉伸试验中即将形成缩颈时的伸长率，即对应于载荷达到拉伸强度时的伸长率。板材的均匀伸长率及总伸长率越大，塑性变形稳定性越好，对成形越有利。

5. 弹性模量 E

弹性模量 E 是指材料在弹性变形阶段内，材料在外力作用下产生单位弹性变形所需要

的应力，即正应力和对应的正应变的比值，用 N/m^2 表示。

弹性模量是衡量材料产生弹性变形难易程度的指标，其值越大，材料发生一定弹性变形的应力越大，材料的刚度越大，即在一定应力的作用下，发生的弹性变形越小。

6. 拉伸应变硬化指数 *n*

拉伸应变硬化指数是衡量成形性能的指标，后有专文讲述。

7. 塑性应变比 *r*

塑性应变比是单向拉伸中，宽度方向的应变 e_2 和厚度方向的应变 e_3 之比。塑性应变比后有专文讲述。

思　　考

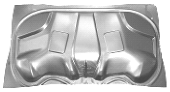
1. 什么是 σ_b？什么是 σ_s？
2. 金属材料单向拉伸分为几个阶段？
3. 什么是断后伸长率？
4. 冷轧板 L_0 = 50mm 试样测得伸长率为 36%，L_0 = 80mm 试样测得伸长率为 32%，哪种材料的成形性能更好？

9.2　冲压材料如何选用

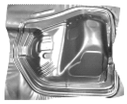
随着科学的进步，对冲压产品性能的要求越来越高，因而对冲压用材料的品种和性能的要求也在不断增加。下面对汽车行业常用材料的性能和应用作一简要介绍，其他行业的冲压件用料以此类推。

汽车用普通冷连轧碳钢的选用见表 9-1，冷连轧高强钢的主要用途见表 9-2，镀层板/热轧板的主要性能特点见表 9-3，高强钢的选用示例见表 9-4。

表 9-1　普通冷连轧碳钢的选用

序　　号	类　　别	材 料 牌 号	汽车车身用途	图　　例
1	一般用（CQ）	DC01	一般成形件，深浅拉深门外板、后地板、散热器外壳、汽车结构件等	
		ST12		
		SPCC		
		BLC		
2	冲压用（DQ）	DC03	中等拉深门外板、浅顶盖，中等拉深结构件	
		ST13		
		SPCD		
		BLD		
3	深冲用（DDQ）	DC04	较大深度的拉深件，如油箱、门内板、侧外板、前地板及门柱等	
		ST14		
		SPCE		
		BUSD		

（续）

序　　号	类　　别	材 料 牌 号	汽车车身用途	图　　例
4	特深冲用（SDDQ）	DC05	比 DC04 系列拉深性能要求更高的件，如轮罩等	
		ST15		
		SPCF		
		BUFD		
5	超深冲用（EDDQ）	DC06	前照灯、翼子板、后门内板等	
		ST16		
		SPCG		
		BSUFD		
6	特超深冲用（SEDDQ）	DC07	高顶盖等	

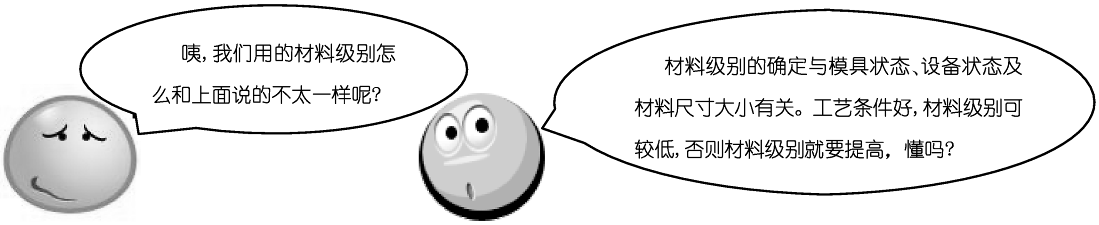


表 9-2　冷连轧高强钢的主要用途

序　号	类　　别	材 料 牌 号	汽车车身用途	材 料 特 点
1	无间隙原子高强度钢（Y）	B170P1	冲压用或深冲用	在超低碳钢中加入适量钛或铌，使钢中的碳、氮间隙原子完全被固定成碳、氮化物，由于钢中元素的固溶强化和无间隙原子的微观结构，使钢的 r 值和 n 值得到改善，既有高强度，又有很高的冷成形性能
		B210P1	一般用或冲压用	
		B250P1	结构用或一般用	
2	加磷高强度钢	B180P2	一般用	通过添加最大不超过 0.12%（质量分数）的磷等固溶强化元素来提高钢的强度，使钢具有高强度和良好的冷成形性能，且具备良好的耐冲击和抗疲劳性能
		B220P2	结构用	
3	烘烤硬化高强度钢（BH 钢）	B140H1	外覆盖件深冲用	钢中保留一定量的固溶碳、氮原子，再添加磷、锰等强化元素来提高强度。外板件在一定温度烘烤后时效硬化，使钢的屈服强度进一步提高，增强了外板的刚性
		B180H1	外覆盖件冲压用	
		B180H2	外覆盖件冲压用	
4	双相高强度冷连轧钢（DP 钢）	B340/590DP	结构件、加强件	马氏体组织以岛状弥散分布在铁素体基体上。无时效，屈强比低，有较高的加工硬化性能。在同等屈服强度水平下，比高强度低合金钢有更高的强度
		B400/780DP	加强件、防撞件	

（续）

序　号	类　　别	材 料 牌 号	汽车车身用途	材 料 特 点
5	相变诱导塑性高强度冷连轧钢（TRIP 钢）	HC380/590TR	结构件、加强件	钢的显微组织为铁素体、贝氏体和不少于 5% 的残留奥氏体。在成形过程中，奥氏体可相变为马氏体组织。由于其较高的加工硬化率，使其有较高均匀伸长率和较高的抗拉强度，在同等抗拉强度水平下较双相钢有更高的伸长率
		HC400/690TR		
		HC420/780TR		
		HC450/980TR		
6	低合金高强度冷连轧钢（LA）	B340LA	结构件	在低碳钢中，通过单一或复合添加铌、钛、钒等微量合金元素，形成碳氮化合物粒子，析出进行强化，同时通过微量合金元素的细化晶粒作用，获得较高的强度
		B410LA	结构件、加强件	
7	马氏体高强度冷连轧钢（MS 钢）	HC500/780MS	加强件、防撞件	马氏体钢的显微组织几乎全部是马氏体组织，因此具有较高的抗拉强度。马氏体钢通常需要进行回火处理，以改善其塑性，使其在高强度下仍具有足够的成形性能
		HC700/900MS		
		HC700/980MS		
		HC860/1100MS		
		HC950/1180MS		
		HC1030/1300MS		
		HC1150/1400MS		
		HC1200/1500MS		

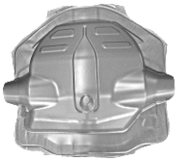
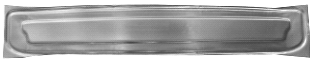
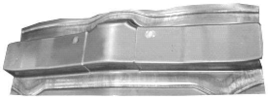
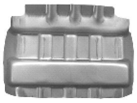
表 9-3　镀层板/热轧板的部分性能特点

序号	类　　别	材 料 牌 号	汽车车身用途	材 料 特 点
低碳钢热镀锌板示例				
1	连续热镀锌（Z）	例：DX52D + Z	性能与基板相近	将生产线上经过预处理的钢带浸入熔融锌液中所得到的锌含量不小于 99%（质量分数）的镀层
	锌铁合金（ZF）	例：DX52D + ZF	性能与基板相近	将生产线上经过预处理的钢带浸入熔融锌液中所得到的锌含量不小于 99%（质量分数）的镀层，再通过合金化处理工艺在整个镀层上形成锌铁合金层，合金镀层中铁含量通常为 7% ～15%（质量分数）
双相钢热镀锌板示例				
2	连续热镀锌（Z）	例：HC250/450DPD + Z	性能与基板相近	同序号 1 相应内容
	锌铁合金（ZF）	例：HC250/450DPD + ZF	性能与基板相近	同序号 1 相应内容
双相钢热镀锌板示例				
3	连续电镀锌（E）	例：DC05E + Z	性能与基板相近	用电镀法生产的由纯锌组成的镀层，镀层不含任何对黏合剂结合力或涂漆性能有害的微量元素

（续）

序号	类　别	材 料 牌 号	汽车车身用途	材 料 特 点
		热轧板示例		
4	冷成形用热轧板	SPHC	一般用	根据零件的用途及模具状态（模具工作部分的硬度及表面处理状态），可部分代替 DC01～DC04 的材料 有的钢厂可以酸洗板状态供货。最小材料厚度为 1.5mm 以上，FA-FB 表面
		SPHD	冲压用	
		SPHE/BRC1	深冲用	
		SPHF/BRC2、BRC3	特深冲用	
5	汽车结构用热轧板	SAPH310	用于结构件、加强件、梁类，牌号中的数字是最小抗拉强度	最小材料厚度为 1.6mm 以上，FA-FB 表面，有的钢厂可以酸洗板状态供货 SAPH310/370 有浅拉深性能
		SAPH370		
		SAPH400		
		SAPH440		

表 9-4　高强钢的选用示例

序号	类　别	材 料 牌 号	汽车车身用途	图　例
1	无间隙原子高强度钢	B250P1	结构或一般用	
		B170P1	冲压用或深冲用	
2	烘烤硬化高强度钢（BH 钢）	B180H1	外覆盖件冲压用	
3	双相高强度冷连轧钢（DP 钢）	B400/780DP	加强件、防撞件	
		B340/590DP	结构件、加强件	
4	低合金高强度冷连轧钢（LA）	B340LA	结构件	
5	汽车结构用热连轧钢	SAPH440	结构件	

思　　考

1. DC01 和 DC04 哪种材料的拉深性能更好？
2. 有无 1.0mm 料厚的 SAPH440 材料？
3. 超高强钢主要有什么用途？
4. B340/590DP 是什么材料？
5. 下图零件用什么类别的材料合适？

9.3　材料的成形性能指标有哪些

1. 材料拉伸试验参数与成形性能的关系(见表 9-5)

表 9-5　材料拉伸试验参数与成形性能的关系

材料特性	符　　号	与成形性能的关系
弹性模量	E、E/σ_S	值越大，定形性越好
屈服强度现象	上屈服强度和下屈服强度的差值：屈服强度伸长 $e_{y.P}$	发生拉伸滑移线(拉伸应变痕)，影响表面质量
抗拉强度	σ_b	值越大，成形力越大。与成形性能有关的其他性能大致相同时，抗拉强度大的成形性能好
极限(断后)伸长率	A_0(如 A_{80mm})	值越大，胀形性能、翻边性能和弯曲性能越好
均匀伸长率	δu	值越大，胀形性能、翻边性能和弯曲性能越好
屈强比	σ_S/σ_b	值越小，成形性和定形性越好
极限变形能	w_f	绝对值越大，翻边性能和弯曲性能越好
拉伸应变硬化指数	n_1(单向)，n_2(双向)	值越大，成形性和抗皱性越好
强度系数	K_1(单向)，K_2(双向)	值越大，成形力越大
塑性应变比	r_0(轧制方向) 平均 $r=(r_0+r_{90}+2r_{45})/4$	值越大，成形性及抗皱性越好
板平面各向异性	$\Delta r=(r_0+r_{90}-2r_{45})/2$	值越大，拉深件的凸耳越大
加工硬化各向异性指数	$X=(\sigma_i)_{双拉}/(\sigma_i)_{单拉}$	对多数材料，值越大，拉深性能及胀形性能越好
胀形系数	$Ke=(最大胀形高度/凹模半径)^2$	值越大，胀形性能越好
晶粒度	ASTM 标准：晶粒度级别 N	晶粒度大，则表皮粗糙
再结晶结构组织	主方向和其聚集度	与拉深性能有关

注：以上试验数据通过什么方式及设备取得，有专文讲述。

2. 不同材料冲压性能的比较

1）冲裁：塑性差、硬度大的材料，冲裁力大，断面粗糙，对模具的磨损大。冲裁材料的应力-应变曲线比较如图 9-5 所示。

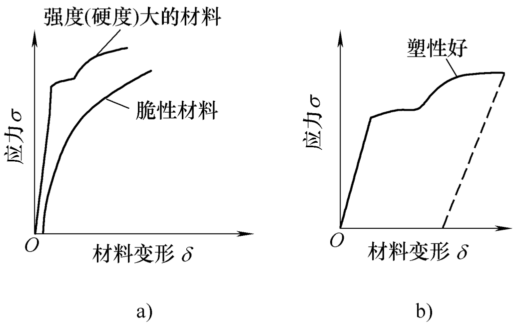


图 9-5 冲裁材料的应力-应变曲线比较
a）不能冲裁的材料 b）可以冲裁的材料

2）弯曲：

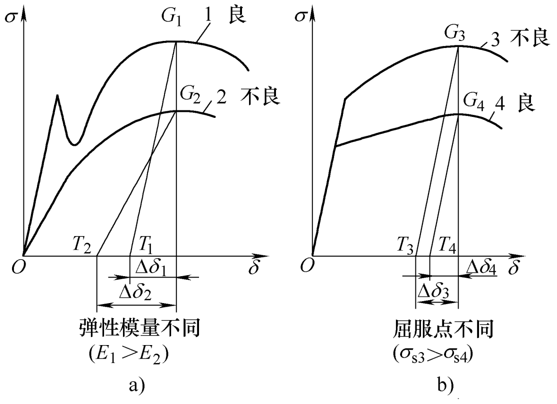
① 图 9-6a 所示为两种弹性模量不同的材料弯曲加载至相同的变形量后卸载，其应力和变形量的关系如下：

材料 1 的弹性模量 E_1 大于材料 2 的弹性模量 E_2，当弯曲加载至 G_1 点卸载时，材料 1 按路径 G_1T_1 卸载，回弹量为 $\Delta\delta_1$，而材料 2 按路径 G_2T_2 卸载，回弹量为 $\Delta\delta_2$，显然 $\Delta\delta_1 < \Delta\delta_2$。

因此，弹性模量 E 越大，回弹量越小，弯曲件的尺寸和形状精度越高。

② 图 9-6b 所示为两种屈服强度不同的材料弯曲加载至相同的变形量后卸载，其应力和变形量的关系如下：

材料 3 的屈服强度 σ_{s3} 大于材料 4 的屈服强度 σ_{s4}，当弯曲加载至 G_3 点卸载时，材料 3 按路径 G_3T_3 卸载，回弹量为 $\Delta\delta_3$，而材料 4 按路径 G_4T_4 卸载，回弹量为 $\Delta\delta_4$，显然 $\Delta\delta_3 > \Delta\delta_4$，也就是说，材料的屈服强度越高，材料越硬，弹性越高，回弹量越大，弯曲件尺寸精度越差，因此弯曲工序不宜使用这类高弹性材料。



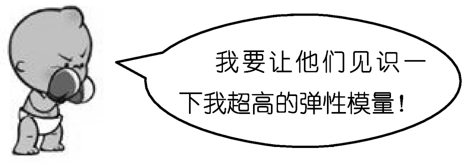


图 9-6 弯曲材料的应力－应变比较

3）拉深：拉深工序使用的材料要具有高塑性、低屈强比、大的材料 n 值和 r 值及大的材料伸长率。

由图 9-7 可见，材料的塑性越好，均匀伸长率越高，说明拉深是稳定而均匀的变形。材料出现缩颈的时刻越迟，拉深越不容易破裂，拉深性能就越好；材料的屈强比 σ_s/σ_b 越小，说明材料的塑性变形潜力越大，一次变形的极限程度也就越大，拉深成形越稳定。

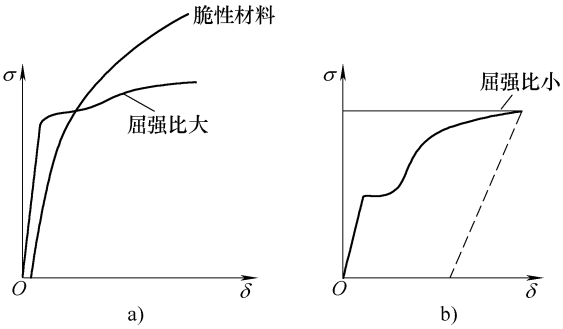


图 9-7　拉深材料的应力－应变比较

a）材料塑性较差　b）材料塑性好

3. 材料性能对冲压成形的影响(见表 9-6)

表 9-6　材料性能对冲压成形的影响

成形不良现象		材料特征值						
		屈服强度 σ_S(YP)	抗拉强度 σ_b(TS)	伸长率 δ_U(T. EL)	n 值	r 值	弹性模量 E	极限变形能力
破断	α 破裂[①](拉深)			●	●	★		
	α 破裂(胀形)	▲	▲	★	★	●		
	β 破裂[②](翻边)	▲	▲	●	★	●		★
	弯曲破裂[③]		▲	★	●			★
面形状	起皱(法兰边)	★	▲		▲	●		
	起皱(壁部)	★	▲		●	●	▲	
	扭曲畸变	★	●		●	▲	●	
	其他形状不良(冲击线、平面凹陷等)	●	●		●		▲	
尺寸精度	角度变化	★	▲		●		▲	
	壁部翘曲	★	▲		●		▲	
	扭曲	★	▲		●		▲	
	棱线翘曲	★	▲		●		▲	
	形状定形不良	★	▲		●	▲	▲	

注：影响程度★——大，●——中，▲——小。

① α 破裂——由于板料所受拉应力超过材料强度极限(即 $\sigma_{拉} > \sigma_b$)时引起的破裂。

② β 破裂——由于板料的伸长变形超过材料局部允许的伸长率(即 $\delta > [\delta]$) 时引起的破裂。

③ 弯曲破裂——由于弯曲变形区外层材料的拉应力过大(即 $\sigma_\theta > [\sigma_\theta]$)时引起的破裂。

9.4　钢厂对材料尺寸偏差有什么规定

每个钢厂对所生产的材料都制订有本厂标准，因此同类材料在牌号及内容上会有一定的差异。现以某钢厂材料的分类和尺寸标准做一示例。

1. 材料的精度分类和代号(见表9-7)

表9-7 材料的精度分类和代号

产品形态	边缘状态	精度类别							
		厚度精度		宽度精度		长度精度		不平度精度	
		普通	高级	普通	高级	普通	高级	普通	高级
钢带	切边				PW. B	—	—	—	—
钢板	不切边	PT. A	PT. B	PW. A	—	PL. A	PL. B	PF. A	PF. B
	切边				PW. B				

2. 材料厚度允许偏差

我国主要钢厂冷轧板厚度(以料厚1.60~2.00mm为例)的允许偏差示例见表9-8，热轧板厚度(以料厚1.60~2.00mm为例)的允许偏差示例见表9-9，日本JIS冷轧板厚度(以料厚1.60~2.00mm为例)的允许偏差示例见表9-10。

不同的钢厂，实际材料厚度的控制区间是不一样的，材料厚度的标准也不一样，因此对料厚较敏感的冲压件，要使用相对固定的材料生产厂的产品。

表9-8 冷轧板厚度允许偏差示例 (单位:mm)

规定的最小屈服强度/MPa	公称厚度	下列宽度时的厚度允许偏差					
		普通精度(PT. A)			高级精度(PT. B)		
		≤1200	>1200~1500	>1500	≤1200	>1200~1500	>1500
<260	>1.60~2.00	±0.10	±0.11	±0.12	±0.060	±0.070	±0.080
260~<340	>1.60~2.00	±0.12	±0.13	±0.14	±0.070	±0.080	±0.100
340~<420	>1.60~2.00	±0.14	±0.15	±0.17	±0.080	±0.100	±0.110
≥420	>1.60~2.00	±0.16	±0.17	±0.19	±0.100	±0.110	±0.130

注：材料的公称厚度有推荐厚度，如0.60mm、0.70mm等，而像0.64mm、0.73mm这类的厚度属特殊要求规格，在钢材现货市场也难以买到。

表9-9 热轧板厚度允许偏差示例 (单位:mm)

公称厚度	下列宽度时的厚度允许偏差							
	≤1200		>1200~1500		>1500~1800		>1800	
	PT. A	PT. B	PT. A	PT. B	PT. A	PT. B	PT. A	PT. B
≤1.5	±0.15	±0.13	±0.17	±0.14	—	—	—	—
>1.50~2.00	±0.17	±0.14	±0.19	±0.15	±0.20	±0.17	—	—

表9-10 日本JIS冷轧板厚度允许偏差示例 (单位:mm)

标准	宽度				抗拉强度/MPa
JIS G3141—2009(低碳钢)	780≤宽度<1000	1000≤宽度<1250	1250≤宽度<1600	宽度≥1600	
	±0.11	±0.12	±0.13	±0.15	
JIS G3135—2006(高强钢)	850≤宽度<1000	1000≤宽度<1250	1250≤宽度<1600	宽度≥1600	
	±0.11	±0.12	±0.14	±0.16	≤780
	±0.14		±0.16		≥780

3. 材料宽度允许偏差

我国钢板及钢带的宽度允许偏差见表9-11～表9-13，日本JIS冷轧板宽度的允许偏差示例见表9-14。

表9-11　冷轧板宽度允许偏差示例　　（单位：mm）

边缘状态	公称宽度	宽度允许偏差	
		普通精度（PW.A）	高级精度（PW.B）
不切边（EM）	900～2080	0～+8	
切边（EC）	≤1200	0～+4	0～+2
	>1200～1500	0～+5	0～+2
	>1500	0～+6	0～+3

表9-12　热轧板宽度允许偏差示例　　（单位：mm）

公称宽度	不切边钢板和钢带宽度允许偏差	切边钢板和钢带宽度允许偏差	
		公称厚度<10.0	公称厚度≥10.0
650～1200	0～+20	0～+3	0～+4
>1200～1500	0～+20	0～+5	0～+6
>1500	0～+20	0～+6	0～+6

表9-13　纵切冷轧钢带的宽度允许偏差示例　　（单位：mm）

公称厚度	宽度允许偏差				
	公称宽度				
	<125	125～<250	250～<400	400～<600	600～<900
0.30～<0.40	0～+0.3	0～+0.6	0～+1.0	0～+1.5	0～+2.0
0.40～<1.00	0～+0.5	0～+0.8	0～+1.2	0～+1.5	0～+2.0
1.00～<1.75	0～+0.7	0～+1.0	0～+1.5	0～+2.0	0～+2.5
1.75～<3.50	0～+1.0	0～+1.3	0～+1.7	0～+2.0	0～+2.5

表9-14　日本JIS冷轧板宽度允许偏差示例　　（单位：mm）

标　准	宽度 W	许可差A		许可差B	
		上限	下限	上限	下限
JIS G3141—2009（低碳钢）	<1250	7	0	3	0
	≥1250	10	0	4	0
JIS G3135—2006（高强钢）	<1250	7	0	—	—
	≥1250	10	0	—	—

4. 钢板的长度允许偏差

冷轧板长度允许偏差示例见表9-15，热轧板长度允许偏差示例见表9-16。

表 9-15　冷轧板长度允许偏差示例　　　　　（单位：mm）

公称长度	长度允许偏差	
	普通精度（PL. A）	高级精度（PL. B）
≤2000	0 ~ +6	0 ~ +3
>2000	（0 ~ +0.003）×公称长度	（0 ~ +0.0015）×公称长度

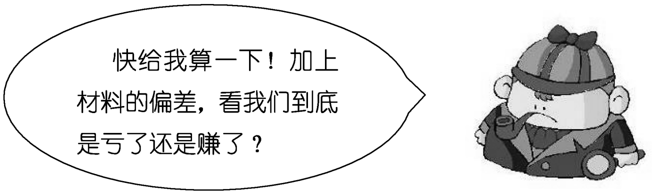
表 9-16　热轧板长度允许偏差示例　　　　　（单位：mm）

公称长度	长度允许偏差	公称长度	长度允许偏差
2000 ~ <8000	（0 ~ +0.005）×公称长度	≥8000	0 ~ +40

5. 材料重量的计算方法

钢板的重量为理论计算重量，即采用钢板的公称尺寸来计算，如 0.8mm × 1000mm × 1550mm 规格的钢板，密度为 7.85×10^3 kg/m^3，理论重量就为 9.734kg。

钢带的重量为实际称重重量。



6. 钢卷内径标准

钢卷内径涉及开卷线中的开卷机规格，虽然大多数开卷机可以开两种规格，但更换起来费时间，因此一般情况下，自用卷径都相对固定。

钢卷内径主要有两个规格：ϕ508mm 和 ϕ610mm。

思　考

1. 什么尺寸偏差与屈服强度有关？
2. 同规格的冷轧板与热轧板的料厚公差哪个大？约占公称料厚的百分之多少？
3. 冷轧板 1.6×1200×C 的卷料，料厚偏差是多少？哪个标准高一些？
4. 2m 长冷轧板的长度公差是多少？

9.5　钢厂对材料的外形外表有什么标准

外形、外表，以及对表面作镀层处理的材料，各钢厂都有一定的标准规定。

9.5.1　材料平面外形的质量标准

脱方度：钢板应切成直角，脱方度应不大于钢板宽度的 1%。

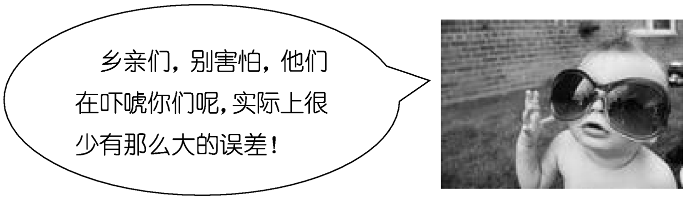
镰刀弯：冷轧钢板、钢带镰刀弯的允许值见表 9-17，热轧钢板、钢带镰刀弯的允许值见表 9-18。

表 9-17 冷轧钢板、钢带镰刀弯允许值 （单位：mm）

材料类型	测量长度 L	镰刀弯	材料类型	测量长度 L	镰刀弯
切边钢板及钢带	任意 2000	<6	纵切钢带	任意 2000	<2.0
切边钢板	2000	$<0.3\% \times L$			

表 9-18 热轧钢板、钢带镰刀弯允许值 （单位：mm）

材料状态	公称长度	镰刀弯允许值		测量长度
		切边	不切边	
钢板	<5000	≤15	≤20	实际长度
	≥5000			5000
钢带和纵切钢带	<600	≤15	—	5000
	≥600	≤15	≤20	5000



9.5.2 材料的不平度质量规定（不含镀层钢板）

我国热轧钢板的不平度见表 9-19，冷轧钢板的不平度见表 9-20，日本 JIS G3135 不平度许可差见表 9-21。

表 9-19 热轧钢板的不平度 （单位：mm）

公称厚度	不平度允许值		
	≤1200	>1200~1500	>1500
≤ 2.0	≤18	≤20	≤25
>2.0~25.4	≤15	≤18	≤23

表 9-20 冷轧板的不平度 （单位：mm）

规定的最小屈服强度/MPa	公称宽度	不平度不大于					
		普通精度（PF. A）			高级精度（PF. B）		
		公称厚度					
		<0.70	0.70~<1.2	≥1.20	<0.70	0.70~<1.20	≥1.20
<260	≤1200	10	8	7	5	4	3
	>1200~1500	12	10	8	6	5	4
	>1500	17	15	13	8	7	6
260~<340	≤1200	13	10	8	8	6	5
	1200~1500	15	13	11	9	8	6
	>1500	20	19	17	12	10	9

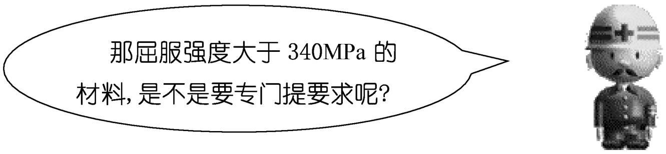


表 9-21　日本 JIS G3135 不平度许可差　　　　（单位：mm）

材料宽度 W	全波状			边缘波状			中央波状		
	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级
<1000	12	16	18	8	11	12	6	8	9
$1000 \leqslant W < 1250$	15	19	21	10	12	13	8	10	11
$1250 \leqslant W < 1600$	15	19	21	12	14	15	9	11	12
$\geqslant 1600$	20	—	—	14	—	—	10	—	—

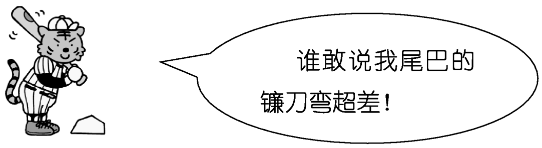
注：1. 1 级抗拉强度为 780MPa 以下。
　　2. 2 级抗拉强度为 780MPa。
　　3. 3 级抗拉强度为 980MPa。

9.5.3　尺寸和外形测量要求

厚度的测量点分别为距边部不小于 25mm（切边）或 40mm（不切边）的任意点。

脱方度为钢板的宽边向轧制方向边部的垂直投影长度，或者为钢板对角线之差的一半。

镰刀弯是指侧边与连接测量部分两端点的直线之间的最大距离，它在产品呈凹形的一侧测量。钢带的测量部位是在距钢带头部或尾部不小于 5000mm 处。长度小于 2000mm 的钢板，钢板的长度即镰刀弯的测量长度；长度大于 2000mm 的钢板，可任取 2000mm 长度进行镰刀弯的测量。



9.5.4　材料的外表面质量等级标准及材料表面结构

材料外表面质量等级标准见表 9-22，材料表面结构见表 9-23。

表 9-22　材料外表面质量等级标准

材料类型	级　别	代　号	表面处理	特　征
冷轧板/卷	较高级的精整表面	FB (03)		表面允许有少量不影响成形性及涂、镀附着力的缺陷，如轻微的划伤、压痕、麻点、辊印及氧化色等
	高级的精整表面	FC (04)		产品两面中较好的一面无肉眼可见的明显缺陷，另一面至少应达到 FB 的要求
	超高级的精整表面	FD (05)		产品两面中较好的一面不应有影响涂漆后的外观质量或电镀后的外观质量的缺陷，另一面至少达到 FB 的要求

（续）

材料类型	级　　别	代　号	表 面 处 理	特　　征
热轧板/卷	普通级表面	FA	非酸洗表面/酸洗表面	表面允许有深度或高度不超过钢板厚度公差一半的麻点、凹面、划痕等轻微或局部的缺陷，但应保证钢板及钢带允许的最小厚度
	较高级表面	FB	酸洗表面	表面允许有不影响成形性的缺陷，如轻微的划伤、压痕、麻点、辊印及色差等

注：1. 钢带有缺陷的部分不超过每卷总长的 6%。

　　2. FB 至 FD 表面的材料是同一种材料，只是在精轧时 FD、FC 表面材料换了精轧辊。

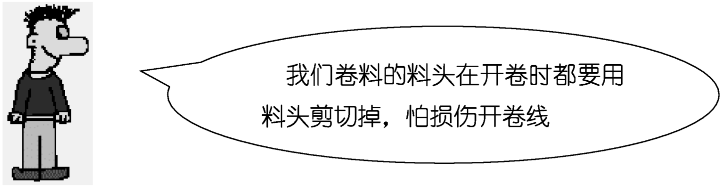
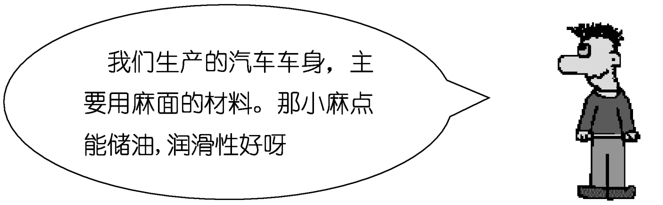


表 9-23　材料表面结构

表 面 结 构	代　　号	平均粗糙度 $Ra/\mu m$
麻面	D	$0.6 < Ra \leqslant 1.9$
光亮表面	B	$Ra \leqslant 0.9$



9.5.5　材料硬度及弯曲性能

钢板和钢带热处理及弯曲性能（仅 JIS 标准）见表 9-24。

表 9-24　钢板和钢带热处理及弯曲性能（仅 JIS 标准）

热处理种类	代　　号	HRB	HV	180°弯曲试验弯心直径（a = 试样厚度）
退火及平整	S	—	—	0
1/8 硬质	8	50 ~ 71	95 ~ 130	0
1/4 硬质	4	65 ~ 80	115 ~ 150	$\geqslant 1a$
硬质	1	≥85	≥170	—

注：1. 表中的弯曲试验规定值适用于纵向试样，弯曲试样宽度 $b \geqslant 20$mm，仲裁试验试样宽度为 20mm。

　　2. 弯曲试验后，试样外表面不得出现肉眼可见裂纹。

9.5.6 镀层钢板及钢带的标准

1. 连续热镀锌/锌铁合金钢板及钢带的镀层类别

热镀锌钢板及钢带的镀层类别见表 9-25。

表 9-25 热镀锌钢板及钢带的镀层类别

分类项目	类别		代号
镀层种类	纯锌镀层		Z
	锌铁合金镀层		ZF
	铝锌合金		AZ
镀层重量表示方法	等厚镀层 $A(g/m^2)/B(g/m^2)(A=B)$，适用表面结构：X、M、R		A/B
	差厚镀层 $A(g/m^2)/B(g/m^2)(A\neq B)$，适用表面结构：X、M		
镀层表面结构	纯锌镀层(Z)等厚 A/B：镀层重量范围 30/30～225/225(双面)	小锌花	X
	纯锌镀层差厚：镀层重量范围 30～150(每面)，差厚比≤1∶3	零锌花	M
	锌铁合金镀层(ZF)A/B：30/30～90/90(双面)	锌铁合金	R

注：A 为材料外表面或上表面镀层重量，B 为内表面或下表面镀层重量，单位为 g/m^2。

纯锌镀层的力学性能与所用基板相同，但材料公称厚度在 0.50～0.70mm 范围内时，断后伸长率允许较基板降低 2%；材料公称厚度在 0.50mm 以下时，断后伸长率允许较基板降低 4%。

镀层重量表示方法示例：

上(外)表面镀层重量/下(内)表面镀层重量：50/50

材料牌号表示方法示例：

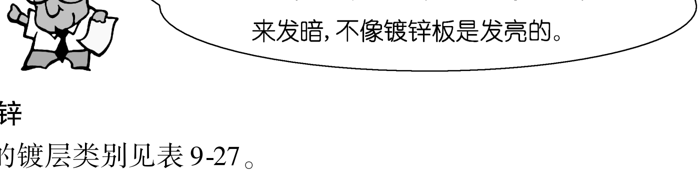
纯镀锌——DC54D＋Z

锌铁合金——DC54D＋ZF

镀层表面处理类别见表 9-26。

表 9-26 镀层表面处理类别

分类项目	类别	代号	分类项目	类别	代号
镀层表面处理	铬酸钝化	C	镀层表面处理	无铬耐指纹	N5
	铬酸钝化＋涂油	CO		自润滑	SL
	无铬钝化	C5		涂油	O
	无铬钝化＋涂油	CO5		不处理	U



2. 连续电镀锌

连续电镀锌的镀层类别见表 9-27。

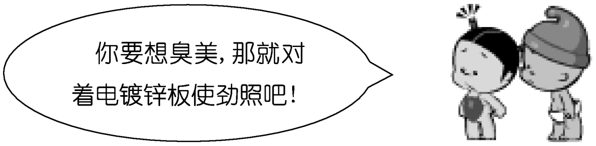
表 9-27　连续电镀锌的镀层类别

分类项目	类别	代号
镀层种类	纯锌镀层	Z
	锌镍合金镀层	ZN
	铝锌合金	AZ
镀层重量表示方法	等厚镀层 $A(g/m^2)/B(g/m^2)(A=B)$	A/B
	差厚镀层 $A(g/m^2)/B(g/m^2)(A\neq B)$	
	单面镀层 $A(g/m^2)/B(g/m^2)$ （$A=0$ 或 $B=0$）	
镀层表面处理	无铬钝化	C5
	无铬钝化 + 涂油	CO5
	磷化	P
	磷化 + 涂油	PO
	磷化（含无铬封闭）	PC5
	磷化（含无铬封闭） + 涂油	PCO5
	涂油	O
	不处理	U
	无铬耐指纹	N5
	自润滑	SL

注：A 为材料外表面(上表面)镀层重量，B 为内表面(下表面)镀层重量，单位为 g/m^2。

纯锌镀层的力学性能与所用基板相同，但锌镍合金镀层较基板的断后伸长率允许降低 0.2%，r 值允许比相应基板下降 0.2。

材料牌号表示方法：基板＋电镀代号(E)＋镀层种类代号(Z 或 ZN)，如 DC01E＋ZN(Z)。



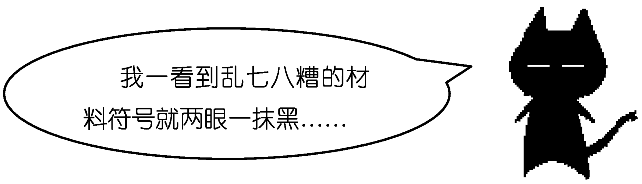
思　　考

1. 材料表面分几个级别？
2. 材料表面是否越光越好？
3. 镀锌板两面镀层是否需等厚？
4. 产品两面中较好的一面无肉眼可见的明显缺陷是什么等级的材料？

9.6　冲压材料的化学成分

通常，我们是通过研究、分析材料的化学成分和力学性能来了解材料的性能。

由于不同的钢厂有着不同的材料标准，因此材料的各项性能也会有少许差异。下面对常用的材料性能数据基本范围介绍如下，以供参考。



9.6.1 材料的化学成分

材料中的每种化学成分对材料的性能都有一定的影响，其中影响最大的是材料中的含碳量，随着含碳量升高，材料的塑性相应下降。

1. 冷连轧低碳钢的化学成分示例(见表9-28)

表9-28 冷连轧低碳钢的化学成分示例

类　别	材料牌号	化学成分(质量分数,%)					
		C	Mn	P	S	Al	Ti/Nb
一般用(CQ)	DC01	≤0.10	≤0.50	≤0.035	≤0.025	≥0.015	—
	BLC	≤0.10	≤0.50	≤0.035	≤0.025	≥0.015	—
	SPCC	≤0.15	≤0.60	≤0.10	≤0.025	—	—
冲压用(DQ)	DC03	≤0.08	≤0.45	≤0.030	≤0.025	≥0.015	—
	BLD	≤0.008	≤0.45	≤0.030	≤0.025	≥0.015	—
	SPCD	≤0.10	≤0.45	≤0.030	≤0.025	≥0.015	—
深冲用(DDQ)	DC04	≤0.08	≤0.40	≤0.025	≤0.020	≥0.015	—
	BUSD	≤0.010	≤0.40	≤0.025	≤0.020	≥0.015	≤0.20
	SPCE	≤0.08	≤0.40	≤0.025	≤0.020	≥0.015	—
特深冲用(EDDQ)	DC05	≤0.008	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≥0.015	≤0.20
	BUFD	≤0.008	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≥0.015	≤0.20
	SPCF	≤0.008	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≥0.015	—
超深冲用(SEDDQ)	DC06	≤0.006	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≥0.015	≤0.20
	BSUFD	≤0.006	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≥0.015	≤0.20
	SPCG	≤0.006	≤0.25	≤0.020	≤0.020	≥0.015	—
特超深冲用	DC07(St17)	≤0.006	≤0.25	≤0.020	≤0.020	≥0.015	≤0.20

注：表中国外材料牌号与我国材料牌号的对照可参见本书1.6.2小节。

2. 冷轧高强钢/超高强钢的化学成分示例(见表9-29)

表9-29 冷轧高强钢/超高强钢的化学成分示例

钢　种	材料牌号	化学成分(质量分数,%)					
		C	Mn	P	S	Alt	Ti/Nb
烘烤硬化高强度冷连轧钢	B140H1	≤0.006	≤0.40	≤0.04	≤0.020	≥0.015	≤0.10
	B180H1	≤0.008	≤1.00	≤0.08	≤0.020	≥0.015	≤0.10
	B180H2	≤0.020	≤0.40	≤0.12	≤0.025	≥0.015	

（续）

钢种	材料牌号	化学成分(质量分数,%)					
		C	Mn	P	S	Alt	Ti/Nb
加磷高强度钢	B180P2	≤0.08	≤0.80	≤0.12	≤0.025	≥0.015	
	B220P2	≤0.10	≤1.00	≤0.12	≤0.025	≥0.015	
无间隙原子钢	B170P1	≤0.006	≤1.00	≤0.08	≤0.025	≥0.015	≤0.20
	B210P1	≤0.008	≤1.20	≤0.10	≤0.025	≥0.015	≤0.20
	B250P1	≤0.008	≤1.20	≤0.12	≤0.025	≥0.015	≤0.20
低合金高强度冷连轧钢	B340 LA	≤0.12	≤1.0	≤0.030	≤0.030	≥0.020	≤0.09
	B410 LA	≤0.20	≤2.0	≤0.030	≤0.030	≥0.020	≤0.09
双相高强度冷连轧钢(DP钢)	B340/590DP	≤0.18	≤2.2	≤0.035	≤0.030	≥0.020	Si≤0.8
	B400/780DP	≤0.20	≤2.5	≤0.035	≤0.030	≥0.020	Si≤0.8
相变诱导塑性高强度冷连轧钢(TRIP钢)	HC380/590TR	≤0.30	≤2.5	≤0.090	≤0.015	≤0.015~2.00	Si≤2.2
	HC400/690TR	≤0.28	≤2.0				Si≤2.0
	HC420/780TR	≤0.30	≤2.5				Si≤2.2
	HC450/980TR						
马氏体高强度冷连轧钢(MS钢)	HC500/780MS	≤0.30	≤3.0	≤0.020	≤0.025	≥0.010	Si≤2.2
	HC700/900MS						
	HC700/980MS						
	HC860/1100MS						
	HC950/1180MS						
	HC1030/1300MS						
	HC1150/1400MS						
	HC1200/1500MS						

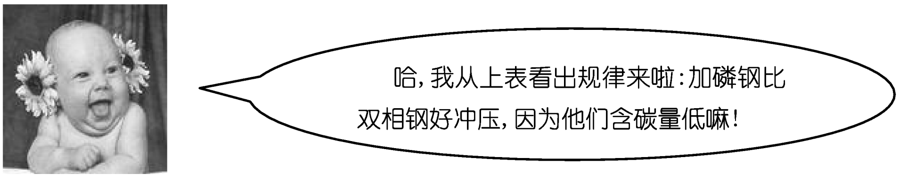
3. 热轧板的化学成分示例(见表9-30)

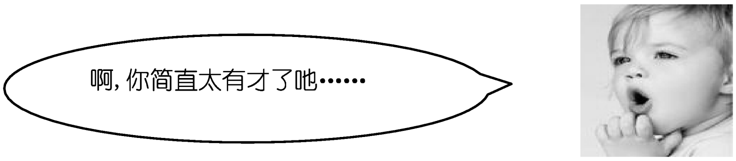
表9-30 热轧板的化学成分示例

钢种	材料牌号	化学成分(质量分数,%)					
		C	Si	Mn	P	S	Alt
冷成形用热连轧钢	DD11	≤0.12	≤0.05	≤0.60	≤0.035	≤0.035	≥0.010
	SPHC	≤0.15	≤0.05	≤0.60	≤0.035	≤0.035	
	DD12	≤0.10	≤0.07	≤0.45	≤0.035	≤0.035	≥0.010
	SPHD	≤0.10	≤0.05	≤0.50	≤0.035	≤0.035	
	DD13	≤0.08	≤0.07	≤0.40	≤0.030	≤0.030	≥0.010
	SPHE	≤0.10	≤0.05	≤0.50	≤0.030	≤0.035	
	DD14	≤0.08	≤0.07	≤0.35	≤0.025	≤0.025	≥0.010
	SPHF	≤0.08	≤0.05	≤0.50	≤0.025	≤0.025	
	BRC1	≤0.08	≤0.05	≤0.40	≤0.030	≤0.025	
	BRC2	≤0.05	≤0.05	≤0.40	≤0.025	≤0.020	
	BRC3	≤0.03	≤0.05	≤0.30	≤0.025	≤0.020	

（续）

钢　　种	材 料 牌 号	化学成分（质量分数，%）					
		C	Si	Mn	P	S	Alt
汽车结构用热连轧钢	SAPH310	≤0.10	≤0.30	≤0.50	≤0.035	≤0.035	≥0.010
	SAPH370	≤0.21	≤0.30	≤0.75	≤0.035	≤0.035	
	SAPH400	≤0.21	≤0.30	≤1.40	≤0.030	≤0.025	
	SAPH440	≤0.21	≤0.30	≤1.50	≤0.030	≤0.025	
钢　　种	牌　　号	C	Si	Mn	P	S	Als
双相钢	BR330/580DP	≤0.23	≤0.20	≤3.30	≤0.090	≤0.015	≥0.010
	BR450/780DP	≤0.23	≤0.20	≤3.30	≤0.090	≤0.015	
相变诱导塑性钢	BR400/590TR	≤0.30	≤2.20	≤2.50	≤0.090	≤0.015	≥0.010
	BR450/780TR	≤0.30	≤2.20	≤2.50	≤0.090	≤0.015	
高扩孔钢	BR300/450HE	≤0.18	≤1.20	≤2.00	≤0.050	≤0.010	≥0.010
	BR440/580HE	≤0.18	≤1.20	≤2.00	≤0.050	≤0.010	
	BR600/780HE	≤0.18	≤1.20	≤2.00	≤0.050	≤0.010	
马氏体钢	BR900/1200MS	≤0.30	≤2.20	≤3.00	≤0.020	≤0.025	≥0.010
复相钢	BR650/780CP	≤0.25	≤2.00	≤2.20	≤0.050	≤0.015	≥0.010
	BR720/950CP	≤0.25	≤2.00	≤2.20	≤0.050	≤0.015	





9.6.2　化学成分对冷轧低碳钢性能的影响

化学成分对冷轧低碳钢性能的影响（热轧板也可以作参照）见表 9-31。

表 9-31　化学成分对冷轧低碳钢性能的影响

元　　素	对冷轧低碳钢性能的影响
C	增加碳化铁的数量，可提高钢板的屈服极限与强度极限，降低塑性，特别是当 Fe_3C 出现于晶界时，对冲压性能的不利影响更大
Si	硅溶于铁素体中，强化铁素体的作用很大，可增加强度，降低塑性，故含硅量越低越好。低碳钢要求含 Si 量（质量分数）≤0.03%

（续）

元　　素	对冷轧低碳钢性能的影响
Mn	锰的直接影响不大，锰和硫形成 MnS 夹杂物，其数量和形态对冲压性能有影响。要求含 Mn 量(质量分数)≤0.35%
P	磷显著地增高钢板的强度和脆性，并有偏析倾向，会形成较多的带状组织，对冲压性能不利
S	硫形成硫化物，硫对板料的冲压性能是影响最严重的元素
Al	铝是钢中最终脱氧剂，铝与碳形成碳化铝，显著地降低“应变失效”倾向，容易获得“饼形”铁素体晶粒，抑制低碳钢的时效，改善冲压性能。钢中含 Al 量(质量分数)最佳值为 0.03% ~0.05%
Ti	钛是良好的脱氧去气剂和固定氮和碳的有效元素，是铁素体的形成元素之一，还可消除或减轻钢的晶间腐蚀

钢材都有材料质量检验标准，不合格的产品不能出厂。我们可以通过查看材料的质保书，来分析比较材料的化学成分和力学性能，以判断材料的成形性能能否满足对冲压件的质量要求。

思　　考

1. DC04 比 DC01 材料的化学成分中多加了什么元素？
2. SPCC 和 DC01 有什么区别？
3. SPHE 和 DC04 的含碳量相近，是否可部分替代？
4. Al 是不是有害杂质？
5. 是不是材料成形性能好坏看含碳量就可以了？

9.7　什么是冲压材料的力学性能

冲压材料的力学性能与材料的成形性能以及冲压零件的功能特点密不可分，是我们选用材料的主要依据。

各钢厂之间的材料标准存在着一定的差异，下面对常用材料性能数据的大致范围介绍如下。

1. 热连轧钢中的结构钢和冷成形钢的力学性能(见表 9-32)

表 9-32　热连轧结构钢/冷成形钢的力学性能示例

	牌号	抗拉强度/MPa	上屈服强度 MPa			断后伸长率(%)(试样规格：L_0 = 50mm, b = 25mm)						180°弯曲试验弯心直径	
			公称厚度/mm			公称厚度/mm							
			<6.0	6.0 ~ <8.0	≥8.0	1.6 ~ <2.0	2.0 ~ <2.5	2.5 ~ <3.15	3.15 ~ <4.0	4.0 ~ <6.3	≥6.3	<2.0	≥2.0
结构钢	SAPH310	≥310	≥185		≥175	≥33	≥34	≥36	≥38	≥40	≥41	0a	2a
	SAPH370	≥370	≥225		≥215	≥32	≥33	≥35	≥36	≥37	≥38	1a	2a
	SAPH400	≥400	≥255	≥235		≥31	≥32	≥34	≥35	≥36	≥37	2a	2a
	SAPH440	≥440	≥305	≥295	≥275	≥29	≥30	≥32	≥33	≥34	≥35	2a	3a

（续）

冷成形钢	牌号	抗拉强度/MPa	—			断后伸长率(%)(试样规格:L_0=50mm,b=25mm)						180°弯曲试验弯心直径	
						公称厚度/mm							
						<1.6	1.6~<2.0	2.0~<2.5	2.5~3.2	3.2~<4.0	≥4.0	<3.2	≥3.2
	SPHC	≥270	—	—	—	≥27	≥29	≥29	≥29	≥31	≥31	0a	1a
	SPHD	≥270	—	—	—	≥30	≥32	≥33	≥35	≥37	≥39	—	—
	SPHE	≥270	—	—	—	≥31	≥33	≥35	≥37	≥39	≥41	—	—
	SPHF	≥270	—	—	—	≥37	≥38	≥39	≥39	≥40	≥42	—	—

2. 普通冷轧钢的力学性能

断后伸长率试样分为两种，即 L_0=80mm、b=20mm 和 L_0=50mm、b=25mm。

日本 JIS 标准中 n 值、$\bar{r}$值的水平如图 9-8 所示，普通冷轧钢的力学性能示例见表 9-33。

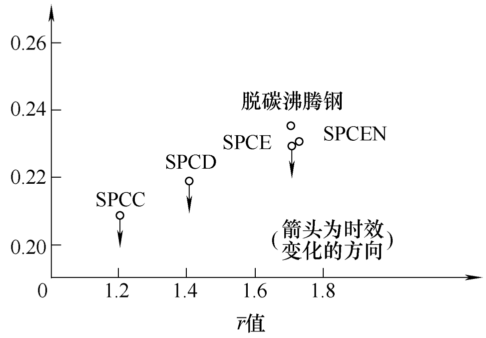


图 9-8　日本 JIS 标准中 n 值、$\bar{r}$ 值的水平

表 9-33　普通冷轧钢的力学性能示例

类别	牌号	力学性能		断后伸长率(%)　(L_0=80mm,b=20mm)≥				r_{90} 值 ≥	n_{90} 值 ≥
		屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa ≥	公称厚度/mm					
				0.5~<0.07	0.70~<1.0	1.0~<1.6	≥1.6		
一般用(CQ)	DC01	140~280	270	28	30	32	34	—	—
				公称厚度/mm					
				<0.06	0.60~<1.0	1.0~<1.6	≥1.6		
	BLC	140~270	270	36	38	40	42	—	—
	SPCC	—	270	34	36	37	38	—	—
冲压用(DQ)	DC03	140~240	270	32	34	35	36	1.3	—
				公称厚度/mm					
				<0.06	0.60~<1.0	1.0~<1.6	≥1.6		
	BLD	120~240	270	38	40	42	44	1.5	0.18
	SPCD	≤240	270	36	38	39	40	—	—

（续）

类别	牌号	力学性能		断后伸长率(%)　(L_0 = 80mm, b = 20mm) ≥				r90 值 ≥	n90 值 ≥
		屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa ≥	公称厚度/mm					
				0.5 ~ <0.07	0.70 ~ <1.0	1.0 ~ <1.6	≥1.6		
深冲用（DDQ）	DC04	130 ~ 210	270	36	38	39	40	1.6	0.18
				公称厚度/mm					
				<0.06	0.60 ~ <1.0	1.0 ~ <1.6	≥1.6		
	BUSD	120 ~ 210	260	40	42	44	46	1.7	0.20
	SPCE	≤220	270	38	40	41	42	—	—
特深冲用（SDDQ）	DC05	120 ~ 180	270	38	40	40	41	1.9	0.20
				公称厚度/mm					
				<0.06	0.60 ~ <1.0	1.0 ~ <1.6	≥1.6		
	BUFD	120 ~ 190	250	42	44	46	48	2.0	0.21
	SPCF	≤210	270	40	42	43	44	—	—
超深冲用（EDDQ）	DC06	110 ~ 170	260	39	41	42	43	2.1	0.22
				公称厚度/mm					
				<0.06	0.60 ~ <1.0	1.0 ~ <1.6	≥1.6		
	BSUFD	110 ~ 180	250	44	46	48	50	2.2	0.22
	SPCG	≤190	270	42	44	45	46		
特超深冲用（SEDDQ）	DC07	100 ~ 150	250	42	44			2.5	0.23

3. 高强钢/超高强钢的力学性能（见表 9-34）

表 9-34　高强钢/超高强钢的力学性能示例

钢种	牌　　号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa ≥	断后伸长率(%)(L_0 = 50mm, b = 25mm) ≥	断后伸长率(%)(L_0 = 80mm, b = 20mm) ≥	烘烤硬化值(BH_2 值)/MPa ≥	r90 值 ≥	n90 值 ≥
烘烤硬化高强度冷连轧钢	B140H1	140 ~ 230	270	41	—	30	1.8	0.20
	B180H1	180 ~ 280	340	35	—	30	1.6	0.18
	B180H2	180 ~ 280	340	—	32	30	1.6	0.18
低合金高强度冷轧钢	B340 LA	340 ~ 460	440	22	—	—	—	—
	B410 LA	410 ~ 560	590	16	—	—	—	—
相变诱导塑性高强度冷连轧钢（TRIP）	HC380/590TR	380 ~ 480	590	—	26	—	—	0.20
	HC400/690TR	400 ~ 520	690	—	24	—	—	0.19
	HC420/780TR	420 ~ 580	780	—	20	—	—	0.15
	HC450/980TR	450 ~ 700	980	—	14	—	—	0.14

（续）

钢种	牌　　号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa ≥	断后伸长率(%)(L_0=50mm, b=25mm) ≥	断后伸长率(%)(L_0=80mm, b=20mm) ≥	烘烤硬化值(BH_2值)/MPa ≥	r90值 ≥	n90值 ≥
马氏体高强度冷连轧钢(MS钢)	HC500/780MS	500～700	780	—	3	—	—	—
	HC700/900MS	700～1000	900	—	2	—	—	—
	HC700/980MS	700～960	980	—	2	—	—	—
	HC860/1100MS	860～1100	1100	—	2	—	—	—
	HC950/1180MS	950～1200	1180	—	2	—	—	—
	HC1030/1300MS	1030～1300	1300	—	2	—	—	—
	HC1150/1400MS	1150～1400	1400	—	2	—	—	—
	HC1200/1500MS	1200～1500	1500	—	2	—	—	—
加磷高强度钢	B180P2	180～280	340	—	30	—	—	—
	B220P2	220～320	380	—	28	—	—	—
无间隙原子钢				断后伸长率(%)(L_0=50mm, b=25mm) ≥ 公称厚度/mm			r90值 ≥	n90值 ≥
				<1.0	1.0～<1.6	≥1.6		
	B170P1	170～260	340	36	38	40	1.7	0.19
	B210P1	210～310	390	32	34	36	1.6	0.18
	B250P1	250～360	440	30	32	34	—	—
双相高强度冷连轧钢(DP)				断后伸长率(%)(L_0=50mm, b=25mm) ≥ 公称厚度/mm			180°弯曲试验弯心直径≥(b≥35mm)(a试样厚度)	
				<1.0	1.0～<1.6	≥1.6		
	B340/590DP	340～500	590	16	18	20	0.5a	
	B400/780DP	400～590	780	—	14	16	1.0a	

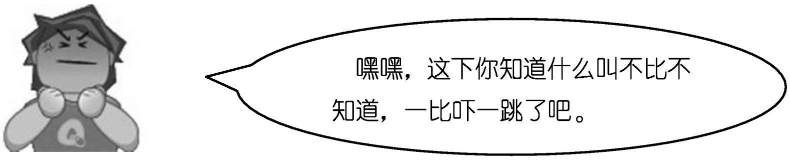


表9-34中，烘烤硬化值BH_2为试样在规定温度烘烤后的下屈服强度或非比例延伸0.2%（无明显屈服时）对应的屈服强度σ_{sL}与烘烤前同一个试样预应变2%对应的屈服强度$R_{t2.0}$的差值。

BH_2的计算公式如下（见计算示意图9-9）：

$$BH_2 = \sigma_{sL}（或\ \sigma_{0.2}）（烘烤后）- R_{t2.0}（烘烤前）$$

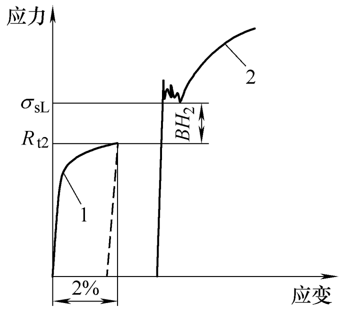
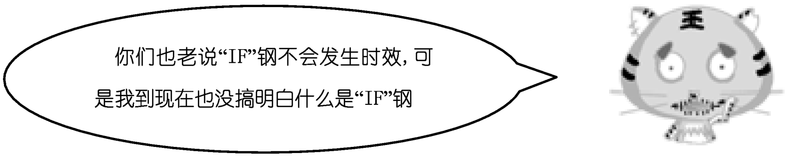
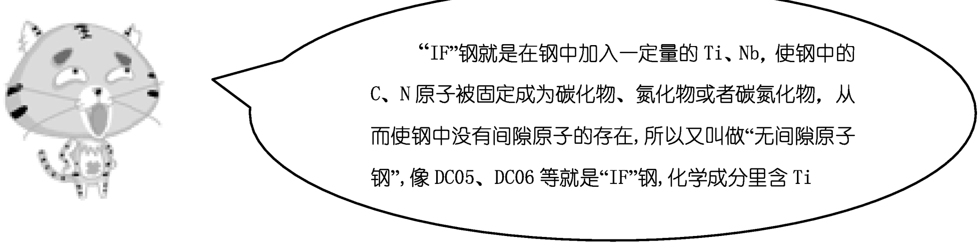


图 9-9　烘烤硬化值计算示意图
1—2% 预应变的应力-应变曲线
2—同一试样烘烤后的应力-应变曲线





在生产中有时会遇到材料性能在标准范围内发生较大的波动，使平时能顺利冲压的零件出现种种问题。遇到这种情况，在排除其他因素对冲压的影响后，将问题零件所用材料的包号(卷号)，与材料质保书对照核查，看其各项性能指标是否出现异常，有条件的地方可以再作一次材料性能检测，并将情况及时与钢厂售后服务部门取得联系。

思　　考

1. SAPH370 材料的 370 是什么指标？
2. TRIP 钢和 DP 钢比较，哪种材料冲压性能较差？
3. $r90°$ 小的材料是否比 $r90°$ 大的材料冲压性能更好？
4. 材料的什么指标对拉伸破裂影响最大？
5. MS 钢与 TRIP 钢比较，哪种成形性能较好？

9.8　什么是塑性应变比 *r*

在 DDQ 以上冲压级别的冷轧低碳钢、含磷板、烘烤硬化钢等深冲压材料中，钢厂在材料品质保证书上都要标明材料的塑性应变比 r 值和拉伸应变硬化指数 n，这两个值是衡量材

料成形性能的重要指标。

塑性应变比。是以单向拉伸中，宽度方向的应变 e_2 和厚度方向的应变 e_3 之比表示，即

$$r=\frac{e_2}{e_3}$$

由上式可知：

当 $r>1$ 时，材料在宽度方向的收缩变形比厚度方向上变薄要容易；

当 $r<1$ 时，钣金在厚度方向的变薄比宽度方向收缩要容易。

在拉深成形中，凸缘受压失稳可以用有效的压边力来抗衡，但侧壁危险区域的强度，只取决于金属材料本身的性能，即起决定作用的 r 值。r 值越大，金属材料在拉深过程中厚度方向的变形越困难，拉深的凸模圆角危险区域材料抗失稳变薄的能力越大，法兰变形区越不容易变厚，越能发挥拉深失稳前的最大强度，拉动凸缘部分，形成更深的拉深件。

图 9-10 所示为 Mises 屈服椭圆与塑性应变比 r 的关系图。

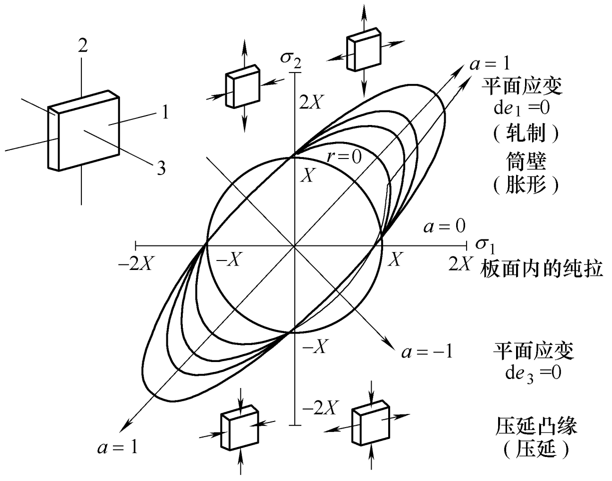


图 9-10　Mises 屈服椭圆与塑性应变比 r 的关系

由图 9-10 可见，拉深中的危险剖面，其变形属于胀形性质。由于 r 值的增加提高了屈服强度，使变形抗力增加了。在凸缘部分，即抗压结合的拉深变形区，其屈服强度 σ_s 反而由于 r 值的增加而减小了。这两种效果都有助于拉深过程的顺利进行。

图 9-11 所示为材料有塑性应变时的应力-应变情况。

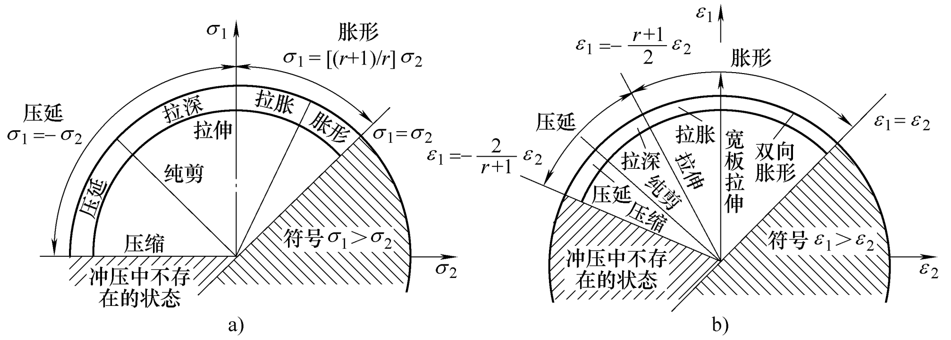


图 9-11　在塑性应变时的应力-应变状态

a）在冲压中所遇到的平面应力状态　b）在冲压中所遇到的应变状态

9.8.1　*r* 值的测定

r 值可根据试件尺寸或坐标网格的变形来作实际测定。金属材料因轧压纹路方向不同，从不同方向取试件的测量数据也不一样，只能取其平均值作为依据，再用冲压试验来验证。

用拉伸试件的尺寸变化测量 *r* 值时，由于缩颈后剖面发生畸变，因此在缩颈之前的均匀塑性延伸阶段进行测量才有意义。

r 值是从三个方向截取的试件测定的，如图 9-12 所示。

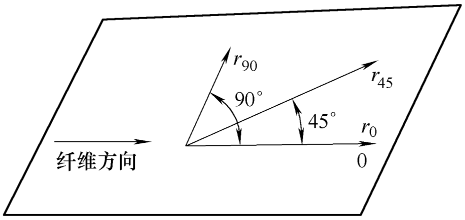


图 9-12　*r* 值取样方向

r_0 – 轧制方向 r_{45} – 与轧制方向成 45° r_{90} – 与轧制方向成 90°

$$r_{均} = \frac{r_0 + r_{90} + 2r_{45}}{4}$$

这里 r_{45}所以要加倍，是由于由顺纹 0 从左边到右边回到 0，只经过一条 0 和一条 90°，但要经过两条 45°。

图 9-13 所示为厚度在 0.5 ~ 3mm 的软钢板，在 0°、45°、90°方向取的试件，试件尺寸为 20mm × 250mm，以一定条件在拉伸试验机上均匀拉伸，当变形到 15% ~ 20% 时，所测试的线图示例。图中，b_0和 l_0为试件原始的宽度和长度，b 和 l 为变形后的宽度和长度。

由图可见，试件拉伸到位，宽度变得越小，说明 *r* 值越大。

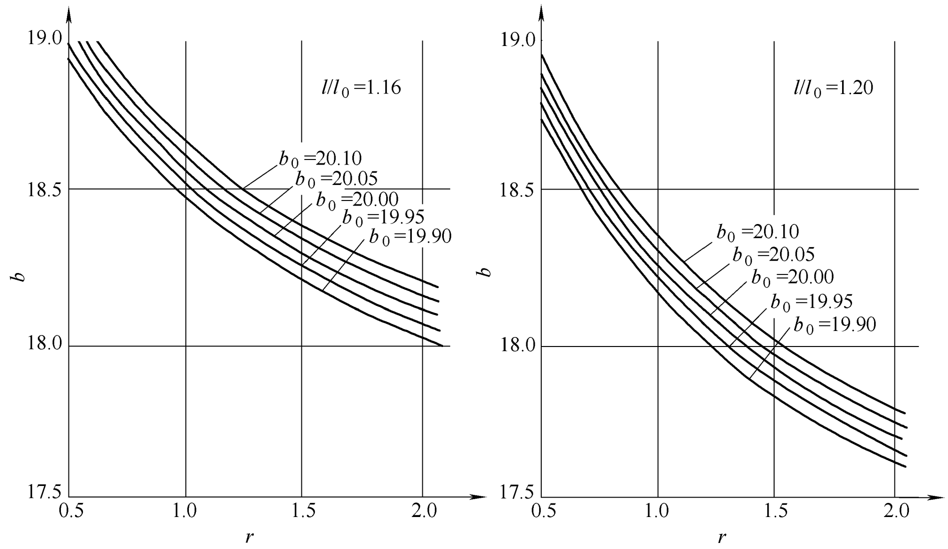


图 9-13　*r* 值与拉伸试验的关系

9.8.2 *r* 值与材料拉深比的关系

拉深比(β)：是指杯形拉深件的毛坯直径(D)与杯形件的直径(d)之比，拉深比β与拉深系数 m 互为倒数。

$$\beta = \frac{D}{d} = \frac{1}{m}$$

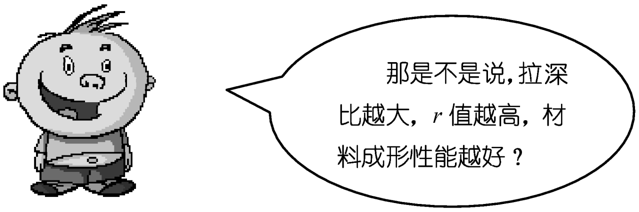


图 9-14 所示是一般钢的极限拉深比 LDR 值与 *r* 值的关系。对于钢来说，*r* 值由 1 增加到 2，可使 LDR 约增加 10%，基本上是一种线性关系，即 *r* 值越高，拉深比越大。

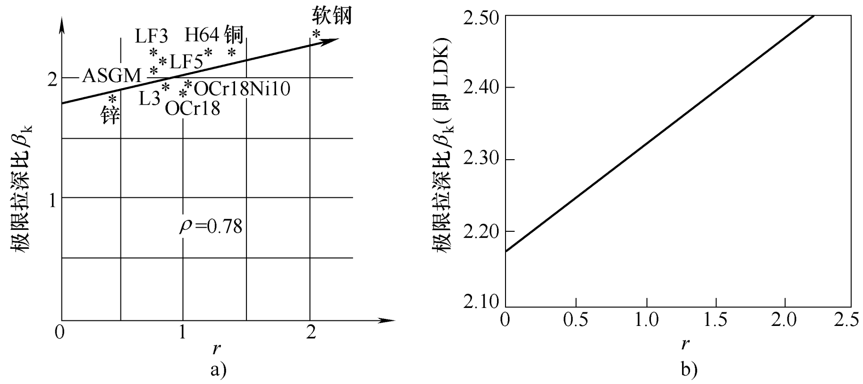


图 9-14　*r* 值与极限拉深比 LDR(即 LDR)的关系(图中 ρ 是相关系数)

因此，在一定范围内，*r* 值越大越好，但 *r* 值如果超过 2.5，根据有关的研究，就不是对任何形状的拉深成形都有利了。

9.8.3　平面各向异性与拉深凸耳

板料不同方向的塑性应变之所以有差别，是由于在板料平面内，在同样应力的作用下，不同方向有不同的伸长率所引起的，故材料平面各向异性与其塑性应变有密切关系。塑性应变比平面各向异性度，即塑性应变在不同方向上的差用 Δr 来表示：

$$\Delta r = r_0 + r_{90} - 2r_{45}$$

当 $\Delta r > 0$ 时，凸耳在 0 ~ 90°方向；

当 $\Delta r < 0$ 时，凸耳在 45°方向。

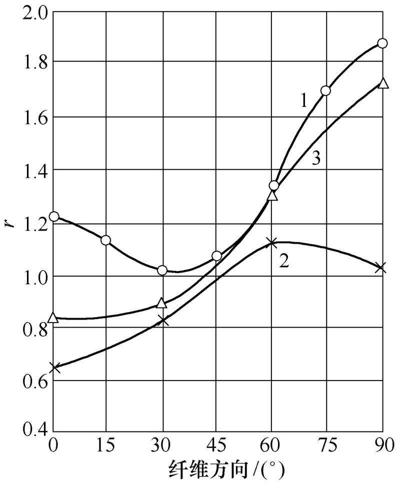
凸耳的最高峰总是位于 *r* 值最大的方向，这是由于 *r* 值小的凸缘部分在拉深中变厚程度大，因而高度低，使 *r* 值大的方向成为凸耳的峰顶。

图 9-15 所示为三种软钢 *r* 值随纤维方向的变化曲线。

1）曲线 1 为一般情况，*r* 曲线经过一个最低点，在 0°和 90°方向将形成四个凸耳。

2）曲线 2 为 r 曲线经过一个最高点，凸耳在 45°方向上有四个。

3）曲线 3 为 r 曲线在 0°和 90°之间，r 值是随纤维方向角度增加的，在 90°方向有两个凸耳。



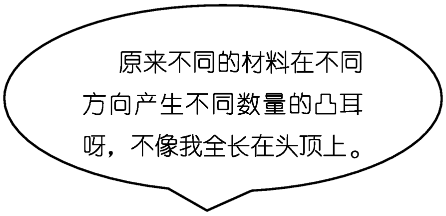


图 9-15　三种软钢 r 值随纤维方向的变化曲线

除内部组织和纹路方向的影响外，凸耳还受变形程度和模具几何关系的影响，即：

1）当变形程度越大，拉深系数 $m(1/\beta)$ 越小时，凸耳越显著。

2）凸、凹模间隙小于板料厚度的部分，会提高该部分成形后的凸耳高度。

3）凸模圆角半径不均匀时，圆角半径大的部分凸耳增高 。

4）压边力与润滑也有一定的影响，即变形受到阻碍的部分，凸耳也较高。

平面各向异性 Δr 只影响拉深件的平整度，不影响成形性能。越是拉深性能好的材料，往往凸耳越显著。

对于冷轧和退火钢，可以在一定限度内通过改变成分和热处理的方法改变 r 值。但对热轧钢，r 值的改变是微弱的。

板材的各向异性不仅表现在不同方向的 r 值上，对弹性模量 E 也有影响。图 9-16 所示是钢板的平均 r 值与平均 E 值的关系。

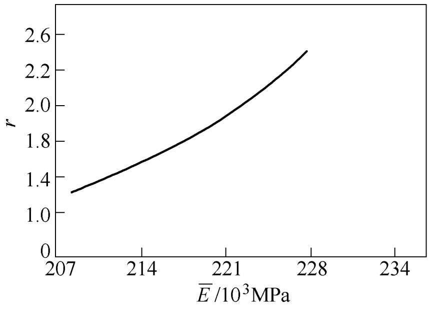
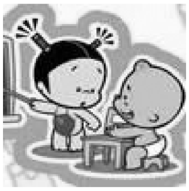
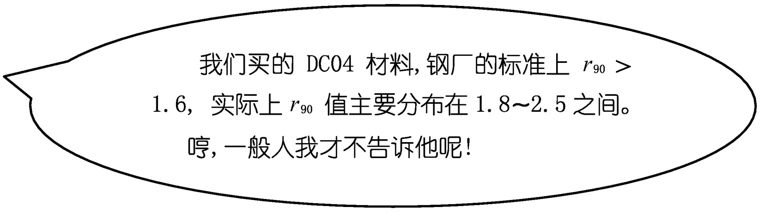


图 9-16　钢板的平均 r 值与平均 E 值的关系

总之，r 值是一个重要的冲压材料性能判断指标。





思　　考

1. 什么是 r 值？r 值大小与成形有什么关系？
2. 钢厂质保书采用的什么 r 值？
3. 平面各向异性对材料的成形性能有无影响？
4. 凸耳与材料拉深性能有无关系？
5. Δr 对拉深性能有无影响？

9.9　什么是拉伸应变硬化指数 n

拉伸应变硬化指数 n 是比 r 值更重要的参数。n 值除作为钣金成形性能判据外，还可以表示应力应变关系，因此在塑性理论中，得到广泛的应用。

拉伸应变硬化指数 n 是在单轴拉伸应力作用下，真实应力与真实塑性应变数学方程式中的真实塑性应变指数。

$$\sigma = K\varepsilon^n$$

式中　σ——真实应力；

K——强度系数，对于弹性变形，$K=E$，$n=1$，对于理想塑性变形，$K=\sigma_s$，$n=0$；

n——拉伸应变硬化指数；

ε——真实应变。

n 只影响应力-应变曲线斜率（见图 9-17），不表示曲线位置的高低。这里以拉伸应变硬化指数表示金属因应变而强化的性质，比“冷作硬化”更为确切。

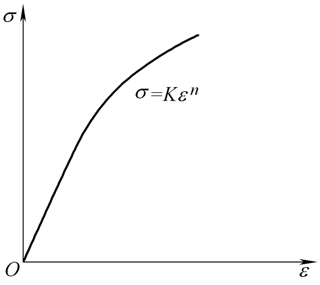
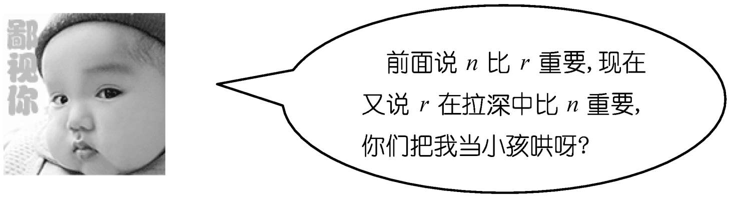


图 9-17　硬化曲线

n 值确定了实际应力-应变的幂函数关系。

1. 拉伸应变硬化指数 n 的作用

当钣金件的某点应力较相邻部分大时，其较大的应变由于拉伸应变硬化，增加了抵抗进一步变形的能力，故有将变形转移到邻近部分的作用，因此与 r 值一样，延缓了该点缩颈的到来，使较大的板面有更为均匀的应变，使总体变形程度增大，这样不但对拉深类冲压有利，对压缩类冲压的抗皱性能也同样有利。n 值与 r 值的区别在于，对危险断面不能转移，故 n 值不能像 r 值那样在拉深中起显著的作用。



2. n 值的测定

和 r 值的测定一样，制件在板料上所取方向不同时，n 值也有所不同，其平均值为

$$n = \frac{n_0 + n_{90} + 2n_{45}}{4}$$

3. 不同金属的 *n* 值特性

对软钢、铁素体不锈钢、锌和纯铝材料，拉伸应变硬化指数 n 值完全反映材料的强化性质(5% 以下的小变形不计)和均匀应变的性质。

应变强化指数 n 只部分地(在大变形区域)说明材料的强化和均匀变形，如铜、镍、合金 GH605 和不锈钢 06Cr19Ni10。

对铝合金 2A11、5A03 和黄铜 H62，n 值只是一个很粗略的近似值，公式 $\sigma = K\varepsilon^n$ 对这些材料不能完全说明问题，需用其他方式修正。

4. *n* 值与极限拉深比 LDR 的关系

极限拉深比 LDR 与 n 值的关系如图 9-18 所示，拉伸应变硬化指数 n 对应力-应变曲线形状的影响如图 9-19 所示。

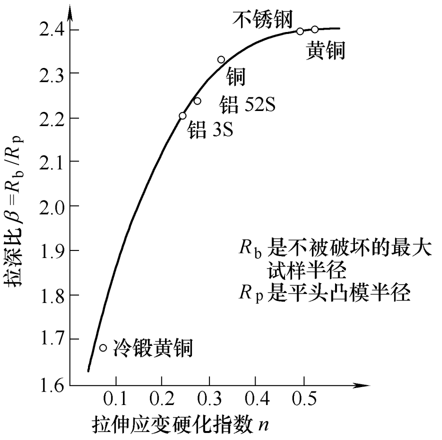


图 9-18　极限拉深比 LDR 与 n 值关系

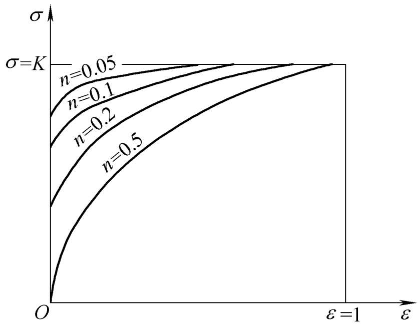


图 9-19　拉伸应变硬化指数 n 对应力-应变曲线形状的影响

由图 9-18 可见，n 值不像 r 值那样几乎与 LDR 呈线性关系，而是一种曲线关系。对大多数常用金属，都可以用 n 值推算出极限拉深比 LDR 的数值。

5. *n* 值对应力-应变曲线形状的影响

对于应力-应变曲线相似的两种材料，即 K 值不同而 n 值相同时，其冲压成形性能是相同的，只是所需载荷不一样。

由图 9-19 可见，应变 ε 最大为 1.0，应力最大为 K。当应变 ε 相同时，n 值越小，应力越大，即需要用更大的外力来成形。当应力即外力相同时，n 值越大，所得到的应变越大，即 n 值大时，成形越容易。

6. *n* 值与极限拉深系数 m_k 的关系

当径向最大应力 σ_{rmax} 与抗拉强度 σ_b 相等时，将发生破裂，利用图 9-20，可以选用有一定安全裕度的 m_k 值。例如：10 钢的 n 为 0.25，由图 9－20 插补得刚要破裂的极限值 $m_k \approx 0.487$，为安全起见，可取 $\sigma_{rmax}/\sigma_b = 0.95$，这样当 $n = 0.25$ 时，插补得 $m_k = 0.505$。

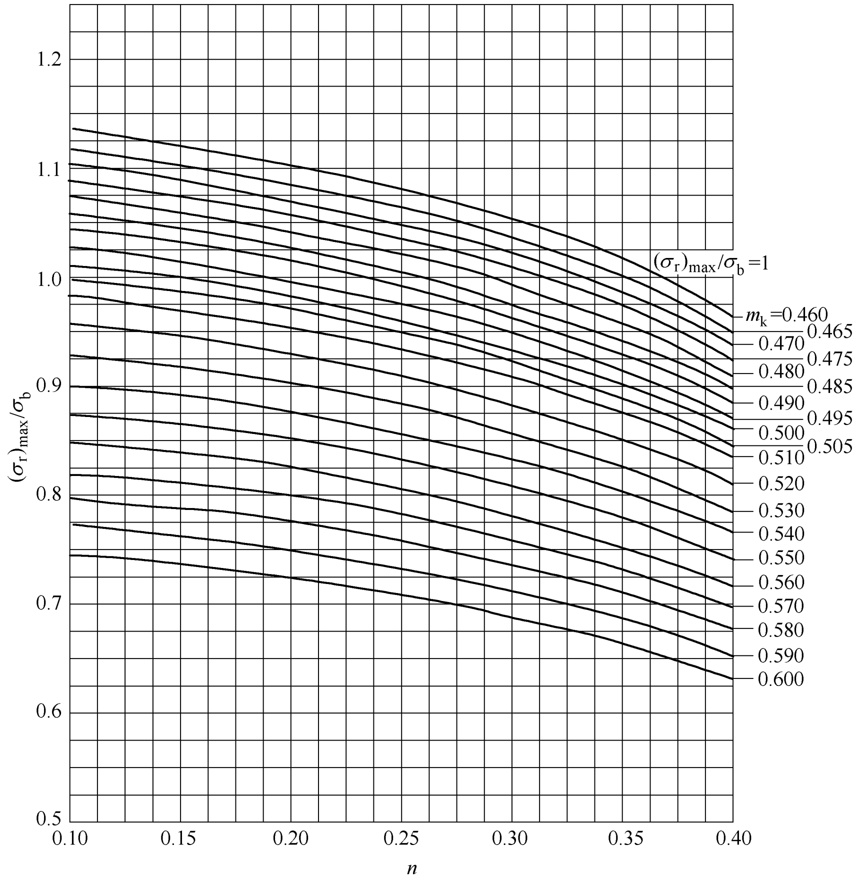


图 9-20　n 值与极限拉深系数 m_k 的关系

n 值虽然等于细颈点伸长率 ε_B，但它是包括缩颈前后整个实际应力曲线的指数，不能说明板料缩颈失稳的性质。拉伸失稳还应有一个重要判据，即 r 值。

7. 钢厂材料检测标准

与 r 值一样，n 值在 DDQ 以上拉深级别及含磷板、烘烤硬化钢等冲压薄板中，都是很重要的材料成形性能指标，但是都采用的是 n_{90}。我们通过查看 n 值和 r 值等材料数据，就可以比较和分析判断此包(卷)材料的成形性能。

例如，某钢厂的 DC04 材料，标准上要求 n 值不小于 0. 18，实际为 0. 23(见表 9-35)。

表 9-35　某钢厂 DC04 材料质保书项目示例

化学成分	拉伸试验			r_{90} 值不小于	n_{90} 值不小于	冷弯 180°	硬度 BH 值/MPa
	屈服强度 σ_S (Y. S.)/MPa	抗拉强度 σ_b (T. S.)/MPa	断后伸长率 A (EL)(%)				
……	155	289	47	2. 5	0. 23	—	—

思　　考

1. *n* 值与 *r* 值有什么共同点和不同点？
2. *n* 值大小对材料的成形性能有什么影响？
3. 钢厂的质量保证书是否用 n_{45} 值作材料性能检测？
4. *n* 值在成形中是如何起作用的？

9.10　高强度钢板有什么性能特点

目前，在汽车车身上，尤其是新开发车型，高强度钢板（以下简称高强板）的应用比例越来越大，且应用范围也越来越广。

采用高强板的意义是减重、降耗、提高安全性能。对汽车车身而言，可使零件钢板厚度减薄 0.1mm，车身减重 12%，油耗减小 6% ~8%。目前国际上汽车车身应用高强板已成为必然的趋势，使用比例最高的已达整个车身材料的 74%。超高强板的抗拉强度已达 1500MPa 以上。

高强板的定义：高强度钢板是对普通钢板加以强化处理而得到的新型钢板。

通过添加合金成分和热处理工艺来控制板材性能，使其得到强化的方式有：固溶强化、析出强化、细化强化、组织强化（相态强化及复合组织强化）和时效强化。几种经过强化的板材的强度指标如下：

热轧高强板：屈服强度大于 500MPa；

酸洗高强板：抗拉强度大于 370MPa；

冷轧高强板：抗拉强度大于 340MPa；

超高强高强板（冷轧、酸洗）：抗拉强度大于 590 MPa。

1. 高强板的性能和种类（见图 9-21）

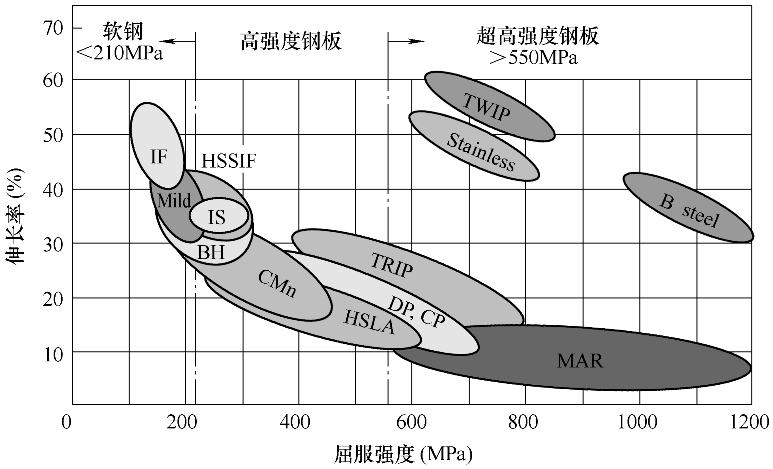


图 9-21　钢种香蕉图

软钢：IF 为无间隙原子深冲压低碳钢；Mild 为低碳铝镇静钢；BH 为烘烤硬化钢。

高强度钢板：HSSIF 为高强度无间隙原子钢；IS 为各向同性钢；CMn 为碳锰钢；HSLA 为高强度低合金钢；DP 为双相钢；CP 为复相钢；TRIP 为相变诱导塑性钢。

超高强度钢板：MART 为马氏体钢；TWIP 为孪晶诱发塑性钢；Stainless 为不锈钢；B Steel 为热冲压用钢。

2. 高强板的应用

1）不同高强板在汽车车身上的主要应用示例如图 9-22 所示。

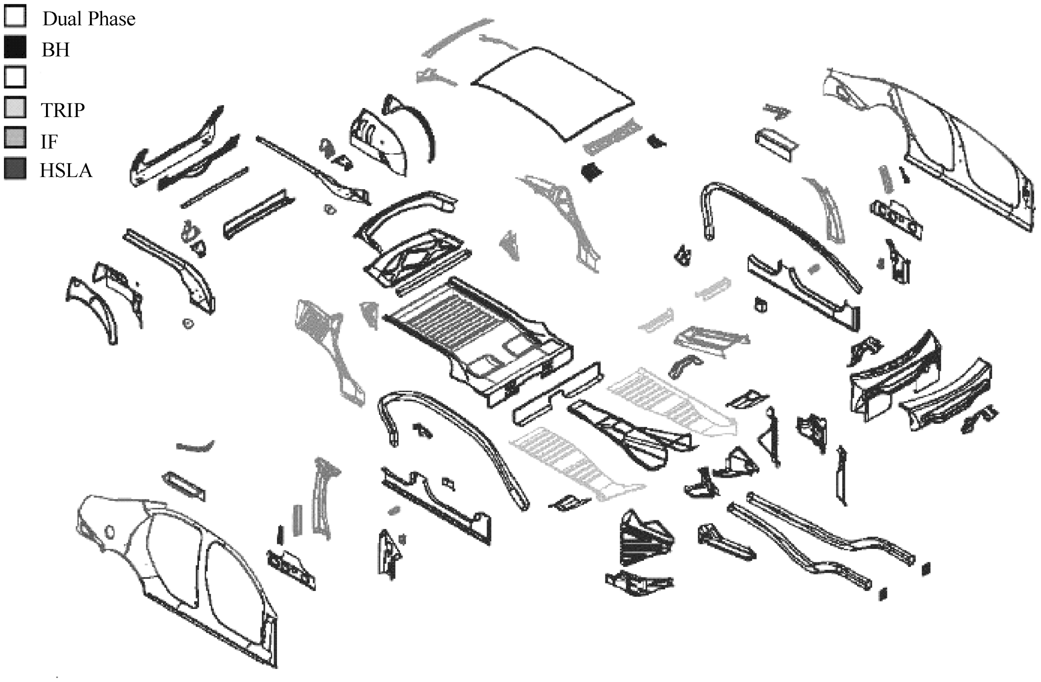
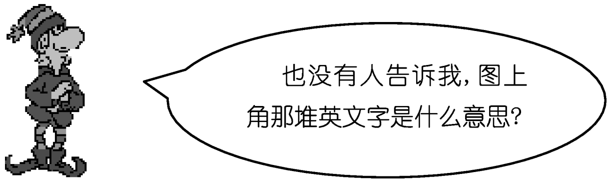
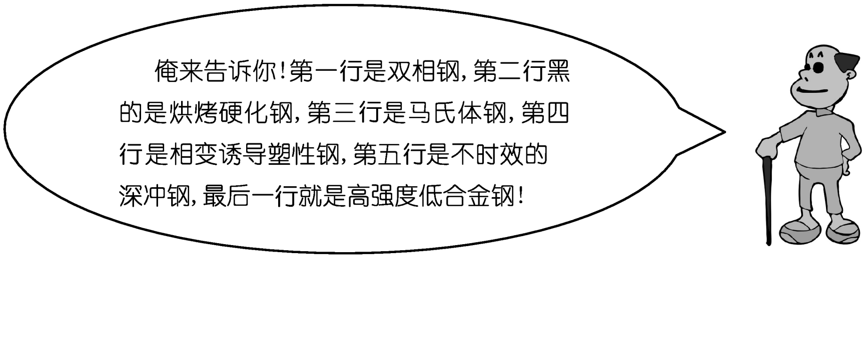


图 9-22　高强板在汽车车身上的应用示例





2）高强板在部分品牌汽车车身上的应用比例如图 9-23 所示。

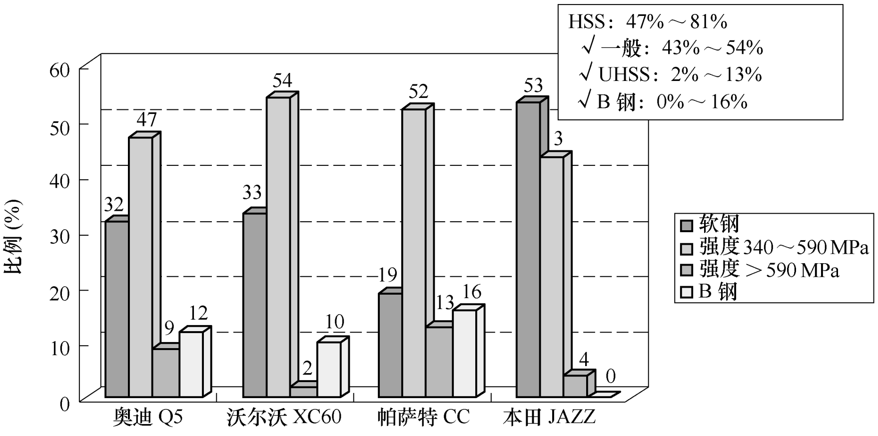
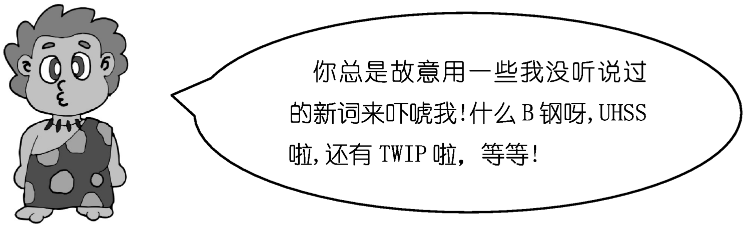
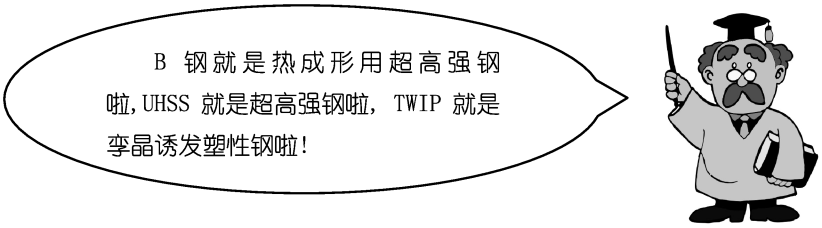


图 9-23　部分品牌汽车高强板使用情况





3. 高强板减薄计算

采用高强板车身的减薄的计算公式为

$$\frac{t_1}{t_2}=\sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

式中　t_1、t_2——两种材料对应的板厚；

σ_1、σ_2——两种材料对应的屈服强度。

4. 高强板减薄效果分析（见图 9-24）

由图 9-24 可见：

1）纵梁单个零件的强度、刚度随材料厚度的增加而增加。

2）采用高强钢减薄，可使零件的强度满足要求，但刚度下降。

3）增强刚度可通过调整横梁、高强板纵梁结构等来改善。

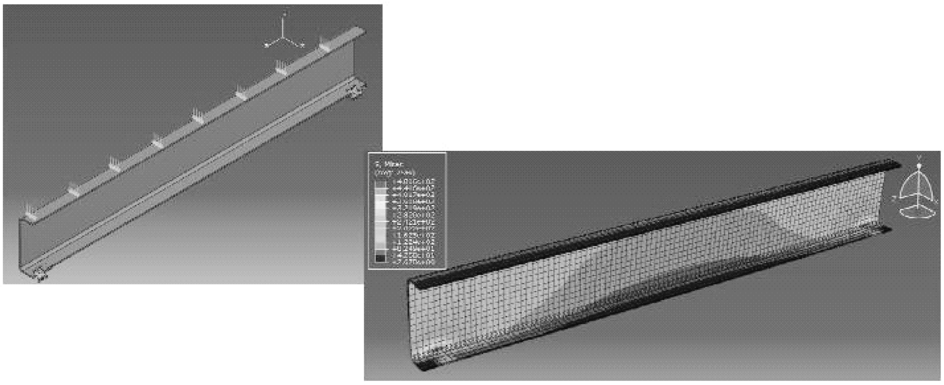


图 9-24　纵梁高强板减薄后的强度、刚度分析

5. 高强板的减薄建议及效果示例

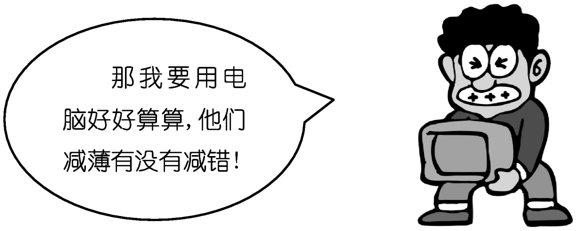
国内主要钢厂对高强板的减薄作了深入的研究，并提出了减薄建议(表 9-36)。高强板减薄效果见表 9-37。

表 9-36　高强板减薄建议

目的	当前使用材	建议	对应零件	钢材单价（元/t）	落料成本（元/辆）	减重（kg/辆）
① 降低成本 ② 轻量化，以减少耗油量	冷轧软钢 （DC04/t = 0.8mm）	冷轧高强钢 （B180H1/t = 0.75mm）	门外板	+60	−12	2.1
轻量化，以减少耗油量	冷轧软钢 （DC03/t = 0.8mm）	冷轧高强钢 （B170P1/t = 0.75mm）	顶盖	+815	—	1.7
① 降低成本 ② 轻量化，以减少耗油量	镀锌软钢 （DC53D + ZF/t = 0.8mm）	热镀锌高强钢 （H220BD + ZF/t = 0.75mm）	门外板	+250	−8	2.1

表 9-37　高强板减薄效果示例

结构	原结构	减薄后
	双梁　外梁 8mm B510L 内梁 5mm B510L	单梁 8mm QSTE700TM
单侧纵梁重量	266kg	168kg
两侧纵梁总重	532kg	336kg
纵梁总质量减重	196kg(36.8%)	
带来整车减重	196kg(2%)(整车按车重 10t 算)	
降本	3680t/年，1840 万元/年 (按原年采购 1 万 t 大梁钢、每吨钢材 5000 元算)。	
节能	油耗下降 2%，节省 20 × 2% = 0.4L/100km，节省 400L/年 (按每年 10 万 km 算)	
减排	排放减少 1.2%	



6. 普通高强板的冲压性能比较

无间隙原子钢:

B170P1 ≤ DC03

B210P1 ≤ DC01

烘烤硬化钢:

DC04 < B140H1 < DC05

B180H1 ≤ DC04

7. 高强板代替低碳钢钢板的冲压力变化

用高强板替代低碳钢钢板,冲压力要发生变化,两者之间的关系为

$$F_2 \approx F_1\left(\frac{t_2}{t_1}\right)\left(\frac{\sigma_{b2}}{\sigma_{b1}}\right)$$

式中 F_1——原测得的冲压力;

F_2——新测得的冲压力;

t_1——原材料厚度;

t_2——新材料厚度;

σ_{b1}——原材料抗拉强度;

σ_{b2}——新材料抗拉强度。

8. 超高强钢对模具的特性要求

高强板对模具的要求是:型面硬度要高,表面粗糙度要低,且模具基体要有足够的刚性和韧性以承受增大的冲压力。

如拉深 DP600 材料,拉深模常用的铸造材料不能在拉深时对材料形成有效支撑,包括 G3500 和 D5506,甚至是典型的升级材料 S0050A。目前有的厂家采用一种新的国外铸造材料——Carmo Granshots 合金铸钢,由于其纯净度和均匀合理的成分配比,使得铸件的抛光性能和抗开裂性能非常优异。对相应的切边模具,有一种易于焊接和加工的基体钢——Caldie 工具钢,可用于切边镶块,该材料是 Cr-Mo-V 合金工具钢,有很好的抗崩刃和抗开裂性,同时在高温回火后,具有 60HRC 的硬度,是一种理想的涂层基体,可避免涂层过程中的软化现象,涂层后(如使用 PVC TiCN 涂层)的抗磨损性能,要大大好于 D2 合金工具钢。

超高强钢除了拉深性能相对较差外,冲压件的回弹较大也不容忽视,尤其是 U 形件或浅成形件的回弹,一般要加整形工序或进行回弹补偿,还可以用热成形来冲压超高强度钢(如 B 钢)。

热冲压(见图 9-25):将钢板加热到奥氏体温度区间(约 900℃)进行冲压,同时在模内通过循环冷却水对模具进行快速冷却(淬火)。用这种工艺可制造材料抗拉强度达 1500MPa 以上的零件。

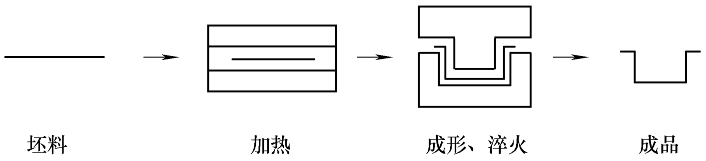


图 9-25　高强钢热成形工艺

对高强钢的生产，采用的工艺手段除了常规冲压和热成形，还有激光拼焊、辊压成形、液压成形等。

目前日本已经研究出用冲压来加工抗拉强度达到 1000MPa 的材料，冲压抗拉强度为 1500MPa 的材料的工艺正在研究中。

9. 高强板的焊接性能

高强板的焊接与一般软钢钢板相比，焊接参数要发生如下变化：

1）增加电极压力约 20% 以上，屈服强度越高，压力增加越大。

2）适当增加焊接时间。

3）尝试多脉冲焊接方案（多个脉冲或焊后加热）。

4）增大电极端部直径，改变电极类型。

5）增加最小焊点的尺寸。

10. 我国生产的高强板范围

目前国内能够生产的高强板的抗拉强度已达 1500MPa。一些高强板还有相应的热镀锌、锌铁合金产品。

图 9-26 所示为国内具有代表性的宝山钢铁集团有限公司（简称宝钢）可以批量生产的汽车板产品范围。

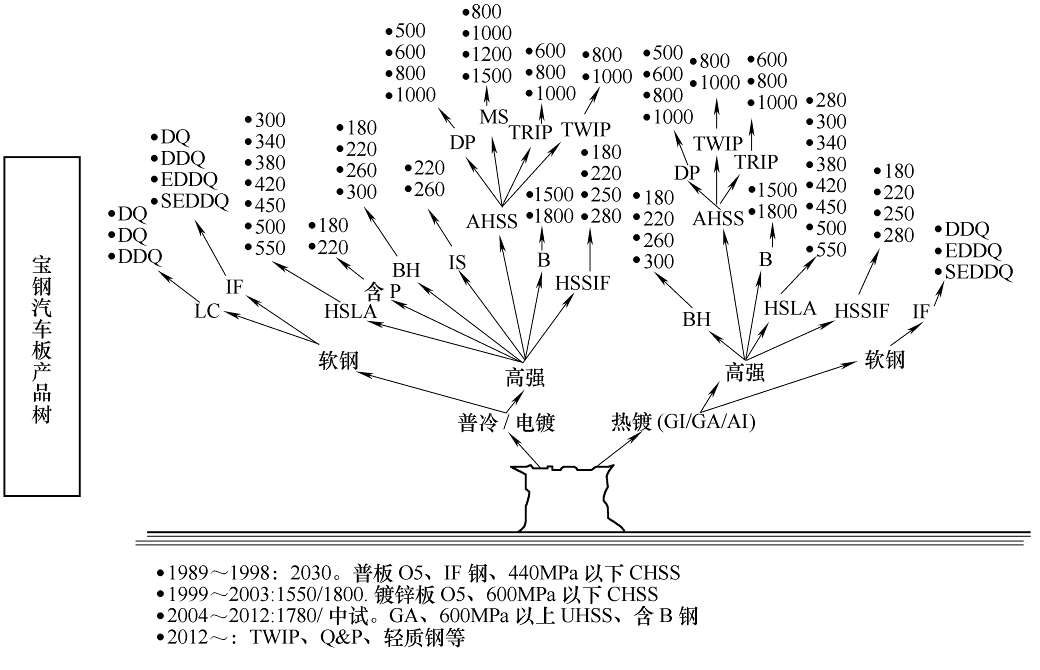


图 9-26　宝钢汽车板产品树

思　　考

1. 国内外汽车车身高强板的应用已达什么水平？
2. 如何进行高强板减薄计算？
3. 抗拉强度为 330MPa 的冷轧板是不是高强板？
4. 用薄的高强板代替厚的软钢钢板，冲压力是大了还是小了？
5. 冲压高强板对模具有什么特殊要求？

9.11　冲压材料性能试验有什么手段

目前，国内外钢厂对冲压材料性能的检验项目见表 9-38。表中项目一般不是全检，用户可以根据自己的需要，提出自己的特殊检验要求。

表 9-38　冲压材料性能的检验项目

分　类	性 能 参 数	符　号
单向拉伸试验	抗拉强度	σ_b
	屈服强度	σ_S
	极限伸长率(断后伸长率)	A_0
	均匀伸长率	δ_u
	拉伸应变硬化指数	n
	塑性应变比	r
	塑性应变比平面各向异性度	Δr
弯曲试验	弯曲内半径与厚度比，弯角 180°	R/t
硬度试验	材料硬度值	
成形试验	杯突值	IE
	极限拉深比值	LDR
	锥杯值	CCV
	凸耳率	Z_e 值
	极限扩孔率	λ
	抗凹性(下陷成形)试验	$(h/l)_{max}$ 值
显微组织试验	晶粒度	N 值
表面结构	表面粗糙度	Ra

材料检验用仪器设备有万能材料试验机、杯突试验机、板材成形试验机和板材抗凹试验机。

1. 万能材料试验机(见图 9-27)

万能材料试验机可以完成表 9-37 中的单向拉伸试验内容，并可通过连接的计算机做出试验曲线，并生成试验报告。

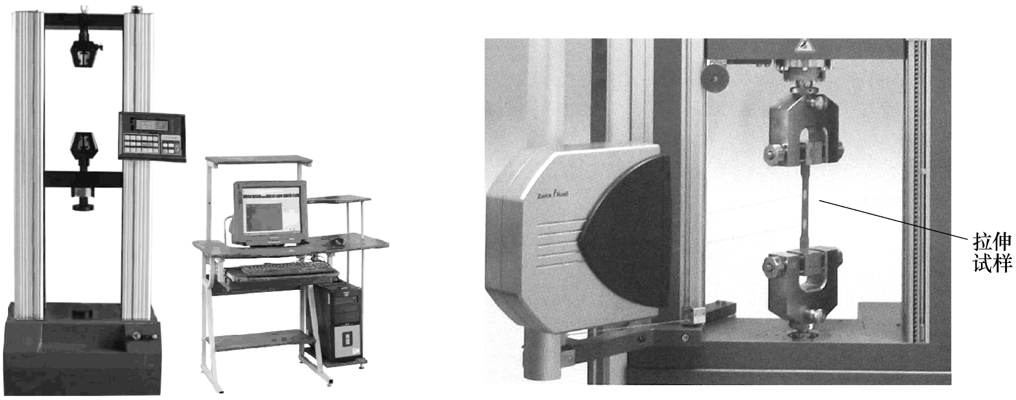


图 9-27　万能材料试验机

2. 杯突试验机

杯突试验是评价金属薄板成形性能的试验方法，又称埃里克森试验（Erichsen test）或埃氏杯突试验，是薄板成形性试验中最古老、最普及的一种。

试验时，在杯突试验机上（见图 9-28），用规定的球头凸模（图 9-29），把周边被凹模与压边圈压住的金属薄板试样顶入凹模，形成半球鼓包直至鼓包顶部出现裂纹为止，其压入深度（以毫米计）就是杯突值 IE。杯突值受材料的厚度公差及润滑情况的影响，可以判定金属材料冲压性能的大小。

图 9-28　杯突试验机

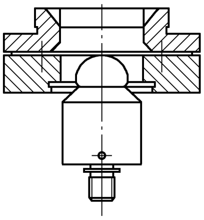


图 9-29　杯突试样模具结构图

美国人提出的奥尔森试验（Olsen Test）和之前德国人提出的埃里克森试验有相似的地方，由于奥尔森试验用大的压边力及齿形压边时，基本限制了在埃里克森试验中试件凸缘的向内流动，因而试件数据的分散度小。

图 9-30 所示为杯突试验的仿真分析，由图可见，在成形极限点位置确定了杯突值。

3. 板材成形试验机

板材成形试验机（见图 9-31）可以完成的试验有：

1）杯突（Erichsen）试验。

2）拉深（Swift）试验。

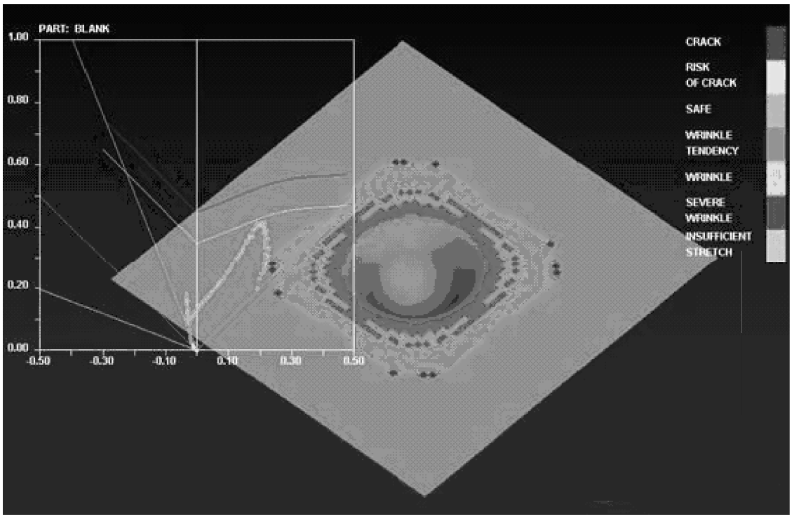


图 9-30　杯突试验效果模拟

3）凸耳(Earing)试验。

4）锥杯(CCV)试验。

5）扩孔(KWI)试验(见图 9-32)。

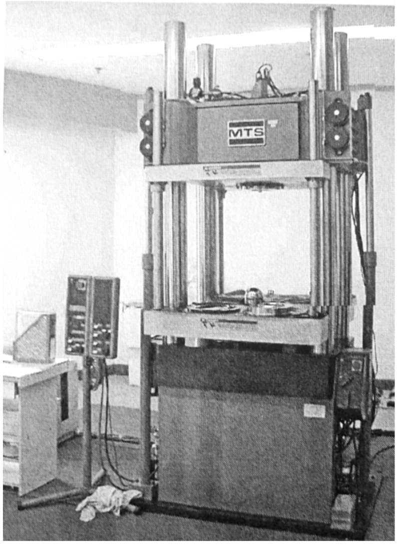


图 9-31　板材成形试验机

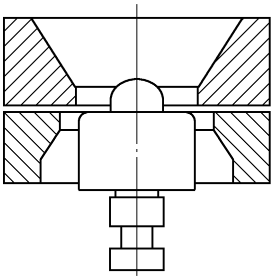


图 9-32　扩孔实验模具

6）成形极限刚性凸模胀形试验。

7）成形极限液压胀形试验。

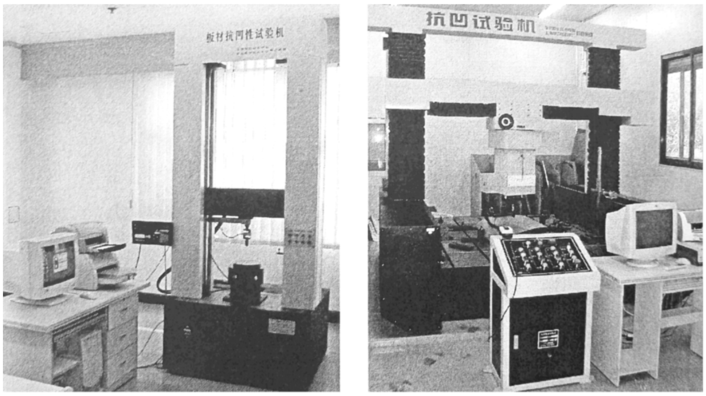
可以测量的金属材料成形性指标有：杯突值 IE、极限拉深比 LDR、凸耳率 Z_e、扩孔率 λ、锥杯值 CCV、最小弯曲半径 R_{min} 等。

除此以外，系统还可以应用非接触式网格应变测量技术，进行成形极限的测量，生成成形极限图(FLD)，并进行板料成形仿真，指导冲压成形过程中材料的选择和模具设计。

用户还可以编制程序控制指令，系统根据控制指令进行试验，并实时显示试验曲线、与试验有关的参数和工作状态，如载荷、压边力、动横梁位移、速度、时间等。试验数据采用数据库进行管理和查询，所有的试验数据结果都能按用户自定义的试验报告格式以 WORD、EXCEL 格式打印或输出。该试验中心除了能够完成标准的金属薄板成形性能试验外，还能根据用户编制的 CNC 数控指令进行自定义的成形性模拟试验。

4. 板材抗凹试验机

板材抗凹试验机(见图 9-33)可以完成的试验有：



a) b)

图 9-33 抗凹试验机(静态抗凹试验)

a) 模拟件抗凹试验机 b) 覆盖件抗凹试验机

1) 板材抗凹性能。

2) 覆盖件抗凹性能。

作这项试验，可以让我们对材料的成形刚性有一定了解。材料抗凹性差，对有特定要求的零件就不适用，例如汽车的车门外板，如果刚性差，不但易产生凹陷，还容易在汽车行驶过程中产生噪声。抗凹性不是常规检验项目。

思　考

1. 杯突值在什么试验机上可以测试？
2. n 值、r 值在什么试验机上可以测试？
3. 晶粒度大小在什么试验中测算？

9.12 材料生产的基本流程是什么

了解材料的一般生产流程，对我们分析材料发生的问题及选择合适的用材有一定的帮助，下面对此作一简单介绍。

9.12.1　材料冷轧前的工艺流程(见图 9-34)

铁矿石 + 石灰石 → 烧结
煤 → 炼焦
→ 炼铁 → 脱硫处理 → 转炉顶底复吹 → 炉外精炼 → 连铸 → 板坯 → 加热 → 热连轧机组 → 卷取

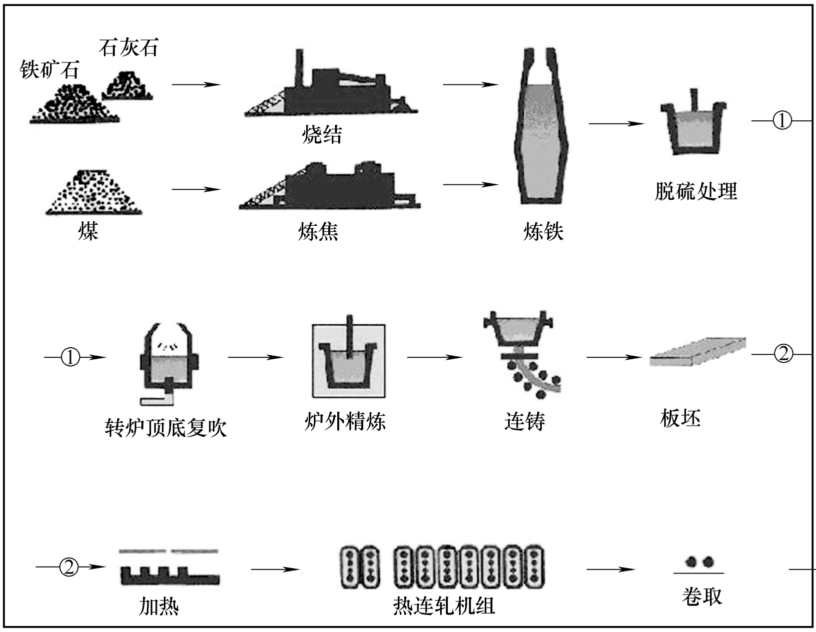


图 9-34　钢材冷轧前的工艺流程

连铸和热轧的场面太壮观啦,“轰隆隆”地火焰钢就冲过来啦,我觉得火马上就要烧到屁股啦!

图 9-35 所示为连铸工艺流程:

将装有精炼好钢液的钢包运至回转台，回转台转动到浇注位置后，将钢液注入中间包，中间包再由水口将钢液分配到各个结晶器中。结晶器是连铸机的核心设备之一，它使铸件成形并迅速凝固结晶。拉矫机与结晶振动装置共同作用，将结晶器内的铸件拉出，经冷却、电磁搅拌后，切割成一定长度的板坯。

一个钢液包就是一种材料，怪不得钢厂要限制我们的最小采购量。

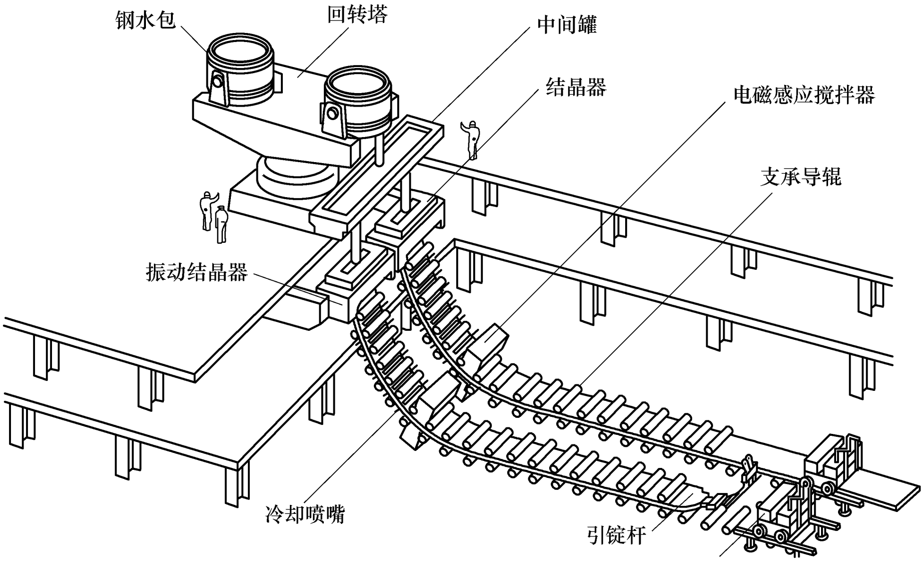


图 9-35　连铸工艺流程

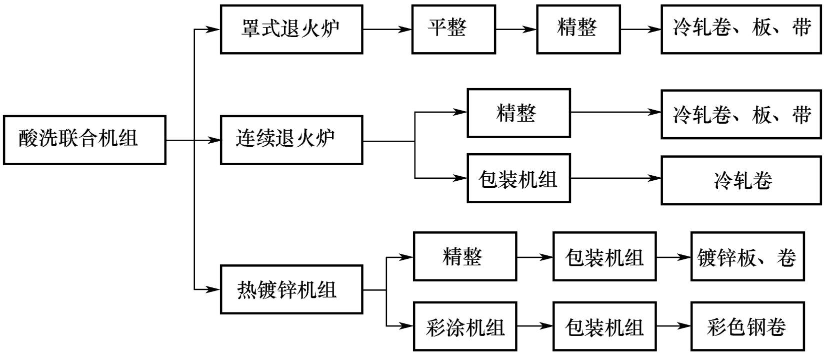
9.12.2　冷轧工艺流程

由图 9-36 可见，从热轧厂过来的热轧卷，经过图示各线工序(精细工序略)转变成为：

① 酸洗板、卷。

② 冷轧板、卷。

③ 镀锌板、卷等。



对于表面要求较高的材料，如 FC(04)级别和 FD(05)级别的汽车外覆盖件材料，除了对钢坯的要求较高外，在钢材轧制中，还要专门更换表面状态较好的轧辊进行轧制。

图 9-36 所示冷轧工艺流程中的几个基本工序内容的含义：

1）钢材的平整：平整是材料在退火以后的一道流程，作用包括：消除带钢的屈服平台，改善带钢力学性能；改善带钢的平直度，即板形；使带钢达到一定的表面粗糙度，即制成“麻面”（便于材料储油）。

平整是必需的流程。

2）钢材的精整：精整可以理解为精密整理，即为了使轧后的钢材具有正确的形状、尺

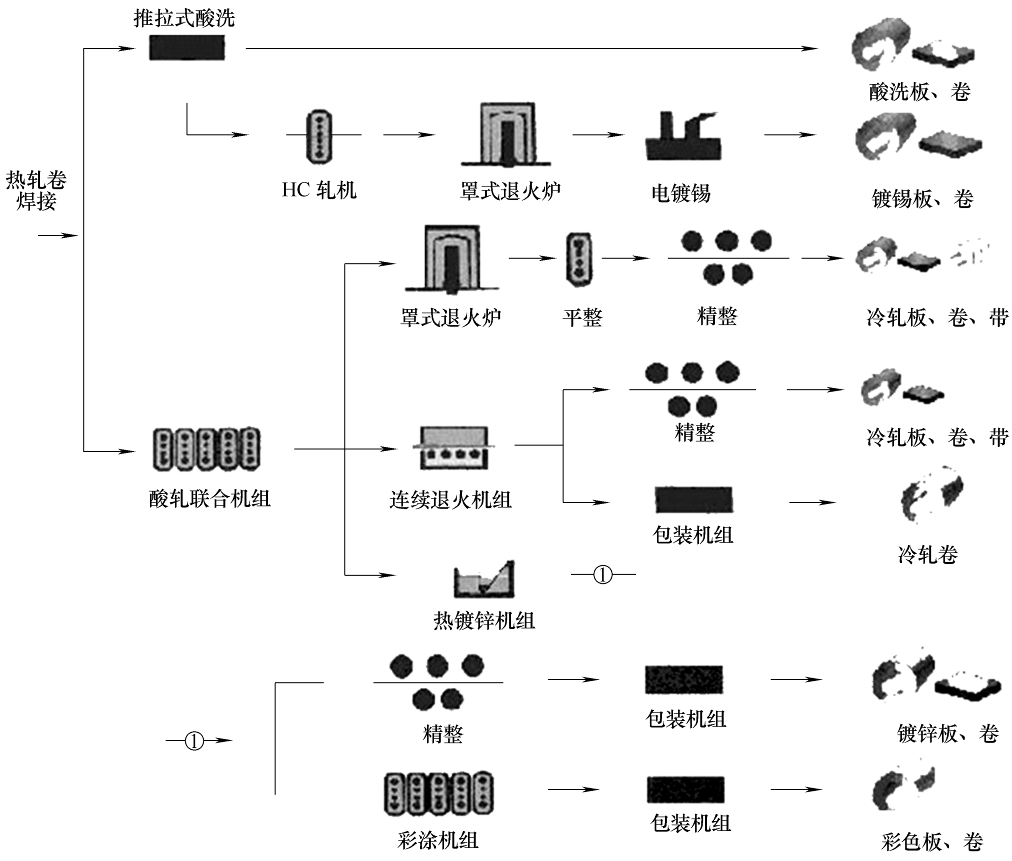
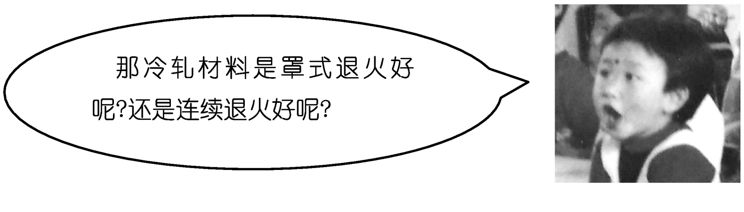


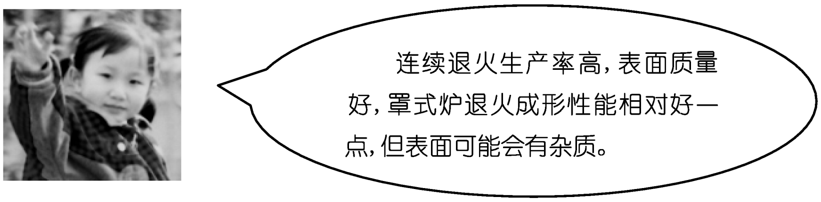
图 9-36　冷轧工艺流程

寸，并能满足技术条件规定的性能和要求而进行的一系列处理工序称为精整。

轧制产品的种类不同，精整工序也有所不同，通常包括：对钢卷中有严重缺陷的进行切除，对外板等要求严格的材料进行再次(或多次)检查，检查分级，成品检验(避免有缺陷的流出)，打印包装，大卷拆分为多个小卷等。

精整是在必要时增加的一道工序。





思　考

1. 材料走连续退火线要不要平整？
2. 酸洗卷（板）要不要作退火处理？
3. 连续退火与罩式炉退火比较有什么特点？
4. 冷轧板要不要经过酸洗工序？
5. 精整工序主要做什么？

9.13　材料激光拼焊有什么特点

随着汽车工业的发展，激光拼焊板在汽车车身，尤其是轿车车身上得到了越来越广泛的应用。

激光拼焊板是高技术的产物，可以满足汽车对超宽板料和特殊部位不同性能的要求，解决车身零件不同材质、不同厚度、不同涂层的问题，有效地减少车身零件的分块，减少冲压工序和模具数量，减轻车身质量，并有效地减少焊接拼接，提高焊接装配质量和精度。

激光拼焊技术起始于1985年。当年，德国蒂森钢铁公司与德国大众汽车公司合作，在Audi100车身上成功地采用了全球第一块激光拼焊板。20世纪90年代，欧洲、北美、日本各大汽车生产厂开始在车身制造中大规模使用激光拼焊板技术。近年来该项技术在全球新型钢制车身设计和制造上获得了日益广泛的应用，奔驰、宝马、通用等各大汽车生产厂相继在车身中采用了激光拼焊板技术，我国也合资投产了几条激光拼焊板生产线。目前，由拼焊板生产的汽车零部件主要有前后车门内板、前后纵梁、侧围、底板、车门内侧的（A、B、C）立柱、轮罩、尾门内板等，如图9-37所示。

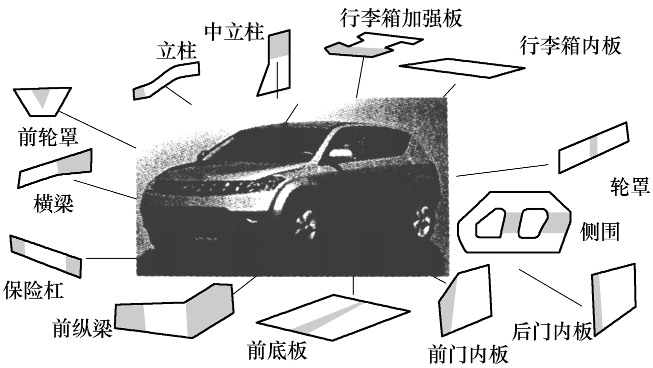
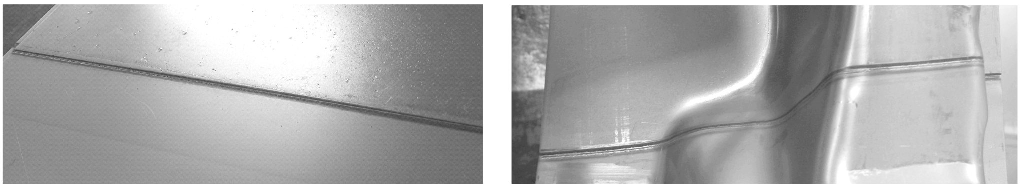


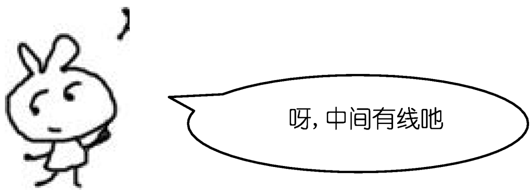
图9-37　激光拼焊材料在车身上的应用

激光拼焊生产的冲压件示例如图9-38所示。



a)　　b)

图9-38　激光拼焊不等厚板生产的冲压件
a）不等厚板　b）冲压件



激光拼焊材料示例如图 9-39 所示。通过拼焊，材料利用率和产品质量都得到提高。

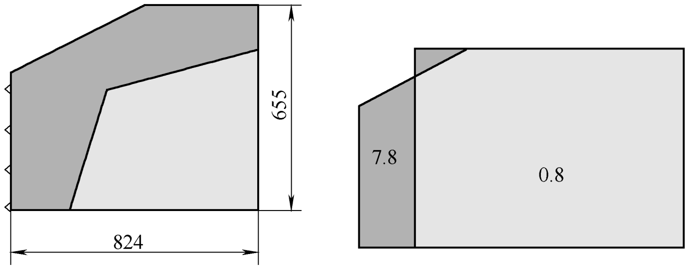


图 9-39　激光拼焊板示例

9.13.1　激光焊接的质量特点

激光焊接的质量特点是：高能密度、无填料、无搭接、深熔、速度快，焊缝较狭窄且平整均匀，不损伤模具；在焊缝处的热应变值较低，热影响区小，通过激光束的聚焦给焊接边缘提供需要的高能量，聚焦点的直径可以达到零点几个毫米，保留良好的材料成形性能；焊接接头接近于母材，金相组织都是晶粒细小的马氏体加少量贝氏体和铁素体，低碳细晶马氏体组织不仅有利于强度的提高，而且接头的韧性和抗裂性也能得到一定的改善。

9.13.2　激光拼焊板对冲压成形性能的影响

焊缝区组织变化会造成冲压成形性能下降和冲压时材料焊缝移动等一系列问题。

1）由于在小的焊接熔池中，激光焊缝得到快速冷却，因此激光拼焊后的焊接接头部位强度和硬度比母材部分有一定程度的提高，成形性能比母材有一定程度的降低。拼焊厚度和强度差异变化越大，成形性能降低就越多。直方图 9-40 显示了在不同材料组合的情况下，激光焊接接头屈服强度与母材的变化关系。由图可见，拼焊后材料的屈服强度相对每组母材中最小的屈服强度，都有一定的提高，也就是塑性有所下降。

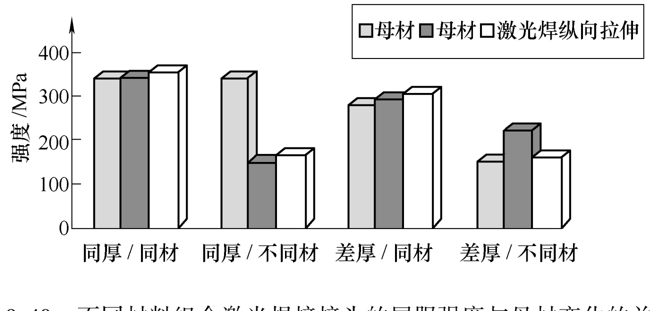
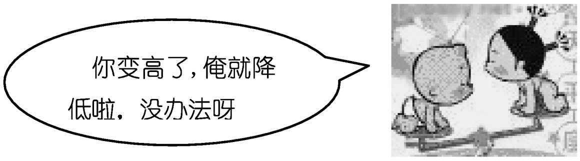


图 9-40　不同材料组合激光焊接接头的屈服强度与母材变化的关系



2）拼焊不同等级材料的焊接接头强度，主要取决于低强度等级的材料，当拉深方向与焊缝方向相同时，拼焊板塑性变形能力明显降低。

3）一般激光拼焊板允许不等厚板的厚度比例为2。

拼焊板厚度比率变化对强度的影响没有材料等级比率变化的影响大。

4）由于拼焊板材料力学性能的不同、板厚的差异、拼焊材料的各向异性、焊缝（一般激光焊缝宽度为0.5mm×1.0mm）的硬化，以及焊缝冲压时的移动，使零件的回弹难以控制，因此在初始型面设计时就要考虑必要的回弹，包括扭曲回弹的补偿和应力控制。

5）成形过程中，较薄和性能较差的材料与较厚和性能较强的材料相比受到更大的拉力，焊缝朝较厚材料处流动，最终导致较薄材料撕裂。

6）拼焊板的拉深破坏方式一般有两种：一种是当焊缝与拉深方向一致时，由于焊缝的塑性比母材低，焊缝部位往往被拉断；第二种是当焊缝与拉深方向垂直时，薄侧的母材容易产生过量减薄而拉裂，如图9-41所示。

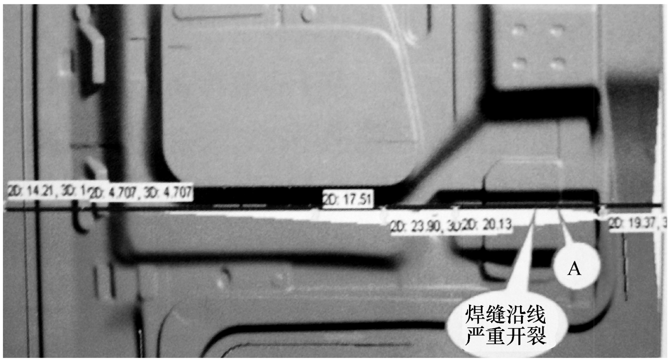


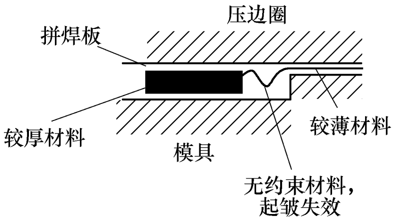
图9-41　焊缝平行R角处导致的焊缝开裂

7）冲压成形时，由于板厚不同，焊缝偏移有可能导致搭接处的间隙改变。另外，由于焊缝部位的硬化，成形时压力传递受阻，材料伸长率降低，相对基板易于失稳开裂，因此必须控制焊缝的偏移量。

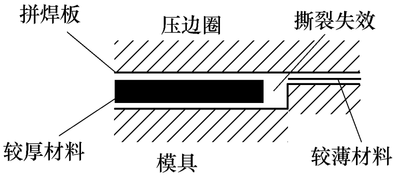
8）压边圈台阶处与焊缝的间隙会造成无约束的情况，较薄材料在约束过少的情况下会导致起皱，如图9-42a所示。

9）如果拉深中出现约束过多的情况，将导致焊缝朝较薄材料处流动，最终导致材料撕裂，如图9-42b所示。

10）由于拼焊材料的料厚不同，冲裁间隙不同，以及材质和强度各异，冲小孔的冲头因受力不平衡，导致冲孔效果不理



a)



b)

图9-42　拉深过程中无约束或约束过多导致的失效
a）无约束导致起皱失效　b）约束过多导致撕裂失效

想，并且容易发生折断。

9.13.3　拼焊板焊缝移动的解决方法

减小拼焊板焊缝移动是减小回弹和提高成形性能的有效方法。研究表明，焊缝距离中心线越远，焊缝移动量越大。

焊缝移动的方向和移动距离主要取决于焊缝两侧材料的强度比、焊缝位置及拉深应力分布等因素。激光拼焊产品的设计意图能否通过工艺得到很好的实现，其关键的环节就在于拼焊焊缝位置的选择是否实现优化。

1. 激光拼焊焊缝位置的正确选择

在焊缝移动上，焊缝的最初位置至关重要。

依据拉深理论和拼焊成形技术的研究成果，选择焊缝位置的基本原则如下：

1）焊缝的选择首先要满足产品结构和功能的要求。

2）我国的激光焊缝为直线，因此最好保证在完成工艺排样为规则形状板料后拼焊，以提高材料的利用率。国外如德国的蒂森钢铁公司已于 1997 年开始运转非线性焊缝剪切坯料生产设备，激光拼焊已从线性焊缝向非线性焊缝发展。

3）焊缝应避免穿越离材料拉深极限接近的部位或平行穿越成形 *R* 角变形较剧烈的区域。

4）拉深板料时，尤其是沿垂直于焊缝方向拉深时，焊缝如何移动与应变分布有关。将焊缝置于垂直于焊缝低应变区域上可减小焊缝移动。

5）焊缝应尽量与钢板的主变形方向一致，以减少焊缝的拉力。

2. 激光拼焊焊缝位置的控制方法

在产品结构可能的情况下，可以采取如下措施对焊缝位置进行控制：

1）在焊缝处设计合理的加强筋等结构来控制焊缝的移动。

2）使用多个氮气缸组成的压力控制系统来控制压边力（Blank Holder Force：BHF）。

3）还有一种已申请专利的解决方法，即使用装有液压局部调整控制器的分段模具，对拼焊板的流向作进一步的控制，如图 9-43 所示。

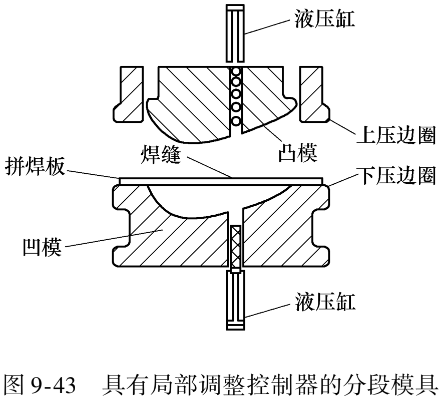


图 9-43　具有局部调整控制器的分段模具

4）针对焊缝移动及中心线和对角线上的厚度应变分布测量值而言，圆形板料比正方形板料大，因此，使用不同的冲压毛坯料可以对焊缝移动作适量的调整。

5）对于模具制造方面，需要在焊缝处不等厚模面薄料侧一定范围内设定料厚空开面，压料面区域空开间隙较大，凸凹模由于料厚的拉深减薄，空开间隙稍小。

6）传统薄板拉深模基体材料常采用钼铬铸铁（MT-MoCr），高速生产时，在焊缝移动处模具容易产生拉毛和磨损，因此模具相应处宜采用合金镶块或采用整体球墨铸铁（QT700），球墨铸铁强度高，含碳量高，散热快，与板料亲和力小于钼铬铸铁。

7）采用 CAE 仿真分析，如图 9-44 所示。通过 CAE 分析，可以采取修正及预防措施，防止工艺不合理导致的损失。

图 9-44　CAE 分析焊缝移动及拉深情况

图 9-45 所示是对不等厚拼焊板成形极限性能的比较，结果表明激光拼焊板零件焊缝处最大危险主应变为 14%，该应变路径下的最小极限应变拼焊板为 30%，故拼焊板最小裕度 $\Delta e_{min}=16\%$。因此在焊缝区域激光拼焊板完全满足汽车零部件的成形要求。

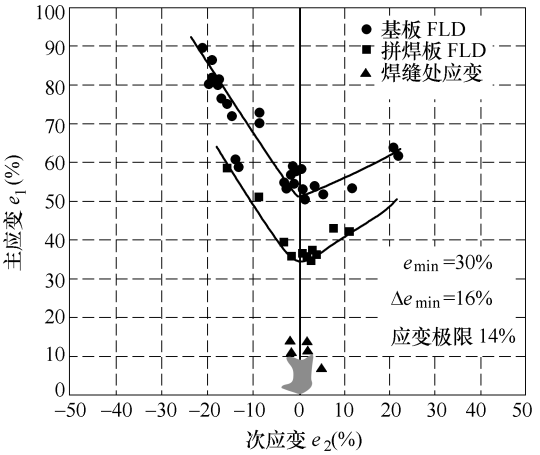


图 9-45　激光拼焊板成形极限图

9.13.4　激光拼焊系统的构成及工艺流程

1. 激光拼焊系统的构成

激光拼焊系统是由上料旋转工作台、上料单元、料片对中夹紧工作台、激光器、激光

焊接单元、侧向出料装置、浅拉深装置、下料单元、下料旋转工作台、焊缝跟踪与质量检测系统、排烟除尘设备、安全防护和控制系统组成。某型号拼焊机核心部件如图 9-46 所示。

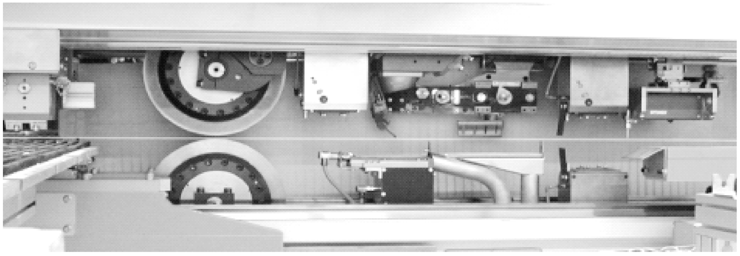


图 9-46　某型号拼焊机核心部件

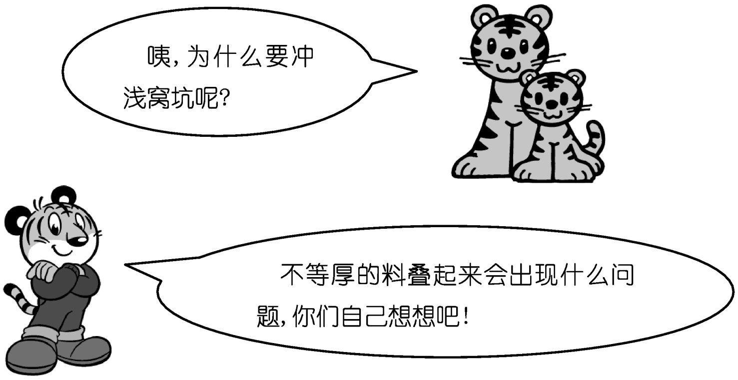
设备机身采用整体框架式设计。整个焊接生产过程中除了穿梭装置带着工件作往复直线运动，整个设备其他部分，尤其是“激光头”与“在线质量检测系统”均固定不动，故设备可保证稳定的焊接质量。

设备焊接穿梭装置带有液压式夹紧系统，可在整个焊接过程中对基板料片/工件进行可靠夹紧，因此设备对基板料片的几何形状没有任何限制，也可以避免焊缝较长的工件在焊接过程中待焊区域由于受热而出现未焊缝隙变大。

2. 激光焊接的主要工艺流程

卷料开平→落料→激光焊接→冲窝(如果需要)→堆垛包装。

上料旋转工作台旋转上料，两块料片同时进入工作区，两台末端带有端拾器的上料机器人将两块料片吸起并放置在对中夹紧工作台上，料片自动定位、夹紧、对中，激光头沿焊缝直线运动的同时对两块料片进行对接焊。侧向出料装置将焊接成形钢板拉出，钢板进入下料工位，由下料机器人完成下料，放置在下料旋转工作台上并码垛。



9.13.5　激光拼焊对材料的要求

激光拼焊对材料有如下具体要求：

1）保证焊接边直线度(DIN847/00)。

2）断面光亮带尺寸 > 断裂面尺寸。

3）板厚均匀。

4）焊缝处平整度高、平面度高，毛刺的形状和尺寸要小于规定要求。

拼焊质量在线检测点如图 9-47 所示。

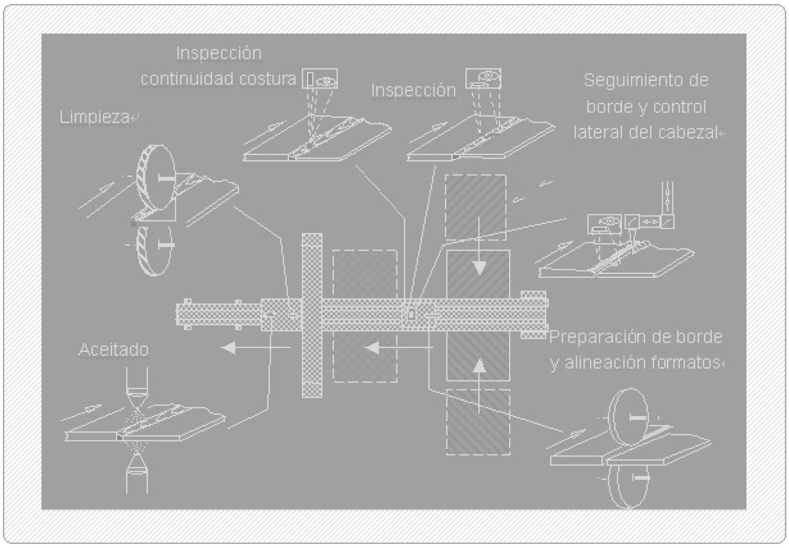


图 9-47　激光拼焊在线检测

激光拼焊材料的规格和生产厂家的设备有关，设计拼焊材料不要超出生产厂家的能力范围。

9.13.6　直线激光拼焊的验收标准

焊缝质量验收有两方面的内容，一是外观检验，二是焊缝的强度。检验手段分为无损检验 CN 和破坏检验 CD 两种方式。

CN：指无损检验，检验手段有超声波、射线探伤，同时可配合人工检验。

CD：指破坏检验。

无损检验内容：

1）焊缝沿长度方向的连续性。

2）焊缝的位置是否正确。

3）开口的气孔。

4）焊缝的横断面。

5）拼焊时生成的溅出物。

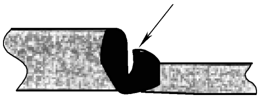
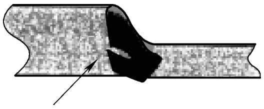
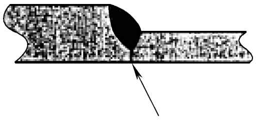
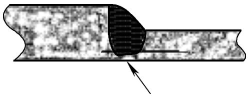
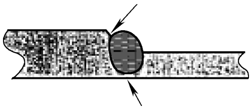
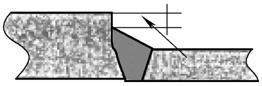
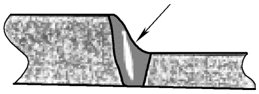
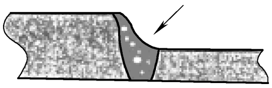
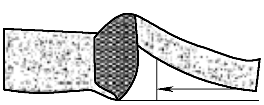
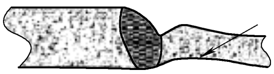
6）熔深是否过量或不足。

若焊缝出现缺陷，要辅以破坏性检验。

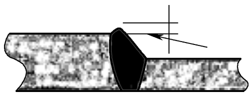
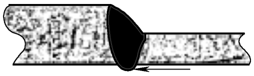
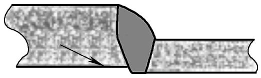
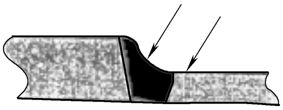
破坏检验的检测位置：距焊缝两端 10mm 处各取一试件，在焊缝中间取一试件，再取缺陷部位的一些试件，用 4%（质量分数）的硝酸溶液腐蚀后，用双目镜（放大倍数≤100）进行观察。

表 9-39 为直线激光拼焊的验收标准，其中 e 为最薄钢板的厚度。

表 9-39　直线激光拼焊的验收标准

缺陷		检验		图示	验收标准
		检测	评估		
裂纹	开口的	CND	CD		不允许
	不开口的	CD	CD		
熔深不足	焊缝未达到冲压坯的下表面	CND	CD		不允许
咬边		CND	CD		$<0.1e$
根部咬边		CND	CD		$<0.1e$
咬边 + 根部咬边		CND	CD		$<0.15e$
焊缝高度不足		CND	CD		$<0.1e$
孔穴	焊缝中穿透或不穿透的孔	如果是开口的孔，进行无损检验	CD		不允许
内部孔穴	焊缝内部的孔穴(由某些污染成分或某些物质的组分造成,在焊接汽车常用厚度和材质的钢板时,这种类型的缺陷极少出现)	CD	CD		$D<0.3e$
重叠	在附着过程中，两块板中的一块压在另一块上	CND	CD		不允许
纵向弯曲	在受到横向压力(如果压力太大)时，多个单元冲压坯中的一个发生变形	CD	CD		$<0.1e$

（续）

缺陷		检验：检测	检验：评估	图示	验收标准
厚度余量过大		CND	CD		<0.1mm
熔深过大		CND	CD		<0.1mm
未对平/未对齐	两个冲压坯的下表面不在同一标高上	CND	CD		<0.1e
飞溅	沿焊缝方向的小熔渣（由于定位不好，或者间隙太大，或者气体有问题）	CND	CND		焊缝周围有少量的飞溅是允许存在的

思　考

1. 不等厚材料拉深，会不会出现厚料向薄料方向移动？如果出现这种情况，原因是什么？

2. 不同拉深性能的材料，拼焊后拉深性能是高了还是低了？

3. 外观零件是否适用于激光拼焊？

4. 激光拼焊对拼焊材料有什么要求？

5. 拉深件用的拼焊板，对焊缝位置有什么特殊要求？怎样控制焊缝位置？

6. 拼焊材料的质量缺陷主要有哪几种？

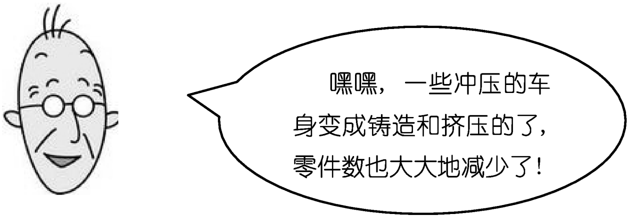
9.14　铝合金可以成形吗

汽车能耗的75%与车重有关，汽车自重每减少100kg，百公里油耗可减少0.4～1.0L，二氧化碳类等废弃物的排放也相应减少，因此汽车的轻量化已面临越来越紧迫的要求。对此，国际上除了汽车车身采用更多的高强板外，铝合金也以强度高、重量轻、回收率高、可多次循环利用的特点受到越来越广泛地重视，如欧洲、北美、日本都在新车上研究如何更多地利用铝合金材料。

9.14.1　铝合金应用举例

早在1993年，德国Audi公司就开始在Audi A8车上应用铝质车身。通过采用ASF方法，即用激光焊和铆接把大块铝合金件连接到铝合金车身框架上，车身减重近50%。铝合

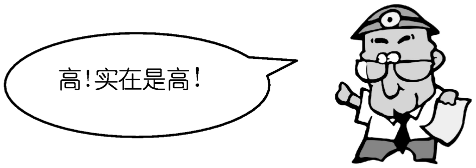
金的车身框架由铸造和液压成形的铝材组合而成，仅重 215kg 的车身有着非同一般的刚度。在新 Audi A8 车上，大型铝合金铸件在结构上所占的比例提高了 22% ~34%，零件数量由原来的 50 个下降到 29 个，车身刚度得以进一步加强。



又如英国的“美洲豹 XJ”轿车，其全铝车身和航空铆接技术是技术上最大的亮点。

再如 2003 年上市的第七代美洲豹轿车，其车门、挡泥板、侧围、行李箱盖和发动机罩等均采用了铝合金材料。

全铝不是纯铝，是坚固的航空铝合金。如果铝合金使车身重量减轻 200kg，可比钢质车身轻约 40%，同时车身刚性却提高了 60%。



铝合金车身多采用铆接技术（即用自攻铆钉）配以航天工业专用的环氧黏合剂，将经过模压、铸造以及挤压处理的铝型材完美地连接在一起，使车身变得坚固，结实，耐用，并能够改善车身结构，减少铝板的整体数量。如果采用焊接技术，则会受到熔点和焊接时间等工艺的限制。

9.14.2　铝合金的成形性能

铝合金的室温变形能力差，成形极限远低于钢板，在高应变区极易产生撕裂。由于刚度大，冲压件卸载后回弹较大，容易产生扭曲现象，并大大降低了冲压件的尺寸精度。另外，汽车的轻量化结构设计使冲压件形状更复杂，成形难度也更大，因此铝合金覆盖件对冲压成形技术提出了新的要求。

1. 磁脉冲辅助冲压新技术（Electro-magnetically Assited Sheet Metal Stamping：EMAS）

该技术是在传统成形模具上嵌上电磁线圈（见图 9-48），把电磁成形的优点结合到普通板料的冲压成形中，从而通过控制工件局部的成形能量，有效地控制回弹，减小扭曲变形，提高加工柔性和精度，并大幅减少加工工序和加工设备的数量，是铝合金覆盖件成形最具

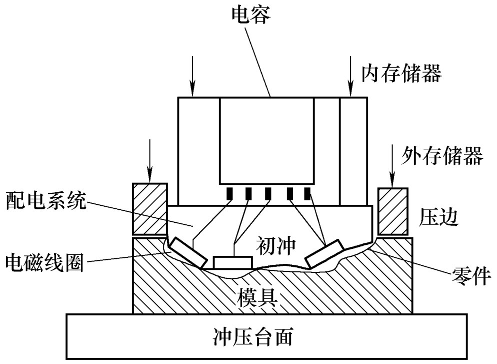


图 9-48　磁脉冲辅助冲压成形技术原理示意图

前景的方法之一。国内对这一成形方法正在研究和试验中。

2. 传统塑性加工技术

传统塑性加工技术是指热冲压、热态液力成形和超塑成形。

1）热冲压：通过嵌于模具中的电阻加热棒对其自身圆角等控制金属板料流动的关键部位和板料进行加热，一般温度介于200～300℃。在此温度下进行冲压成形，5000和6000系列铝合金的成形性能大幅提高，最大拉深深度可达60mm。

铝合金在成形过程中，可以使用一种在氮化硼中加入氧化镁乳液的新型润滑剂。

2）热态液力成形：将加热到预置温度的专用耐热油注入已预热的模具型腔，通过加热和冷却装置将模具及耐热油的温度控制在合适的范围内，然后按照设计的加载路径进行成形。

3）超塑成形：铝合金在特定的条件下，可以获得很好的超塑性。国外已采用超塑性成形技术成功地成形了5083铝合金板覆盖件，其超塑性伸长可达500%，如福特公司的Ford GT概念车，采用了全铝结构车身，其中的覆盖件都是用超塑性成形技术加工的。

此外，在传统的超塑性成形和热胀成形的基础上，又出现了热态金属气胀成形。

4）气胀成形：这类成形对应变速率和温度的要求不像超塑性成形那么严格，可以在较大的温度区间快速成形。目前，气胀成形已成为塑性加工领域里的研究热点。

思　　考

1. 铝合金的汽车车身有什么特点？
2. 什么是EMAS？
3. 铝合金不好冲压，为什么还要研究它的成形方法？
4. 铝合金有几种成形方法？

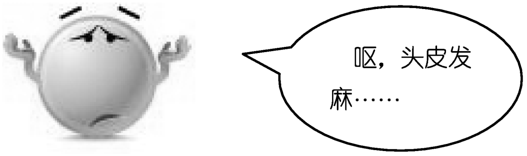
9.15 什么是材料的滑移线

滑移线（也称为拉伸应变痕，吕德斯带）：冲压成形后，板材上出现的与轧制方向成45°的一系列平行线状的褶皱或不规则的折线、橘子皮状等表面缺陷，如图9-49和图9-50所示。

图9-49　枝状滑移线

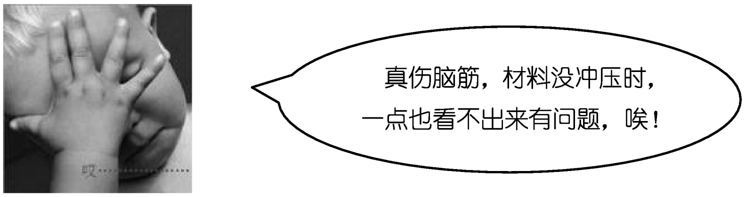
图9-50　点、线状滑移线

滑移线可以理解为退火的低碳钢薄板在冲压加工时或变形后，由于固溶状态的间隙溶质(C、N)与位错交互作用，使局部突然屈服产生了不均匀变形，在钢板表面产生了条带状皱褶，造成材料强度提高，塑性下降，脆性增加的一种应变时效现象。



对冲压件来说，滑移线的出现会使工件表面产生缺陷，影响工件的表面质量，对汽车车身的外覆盖件和内表件来说尤其不允许，对承受高压冲击载荷的钢质薄壁高压容器来说，更是不允许。吕德斯带会使容器在使用中产生破裂，严重影响容器的使用性能，甚至造成伤亡事故。

滑移线产生的同时，常常会伴随着成形性能的降低，因此了解滑移线的特性很有必要。



1. 滑移线形成的原因

当退火低碳金属材料进行冲压，其应力接近屈服强度时，变形就会首先在应力集中的区域开始，出现软化和应力下降现象。在这一应力作用下，当变形在这个区域继续进行到一定程度时，变形区和未变形区的交界处会产生较大的应力集中和屈服，即产生不连续屈服现象，使得变形区逐渐向未变形区扩展，但是在离变形区较远的地方，仍然不会发生变形，于是就形成了狭窄的条状区，即滑移线。

由上述可知，滑移线的产生是与低碳钢存在屈服现象相关联的(见图 9-51)。屈服现象的出现是溶解在钢中的碳、氟等原子在位错周围聚集形成的—种原子云而引起的，这种原子

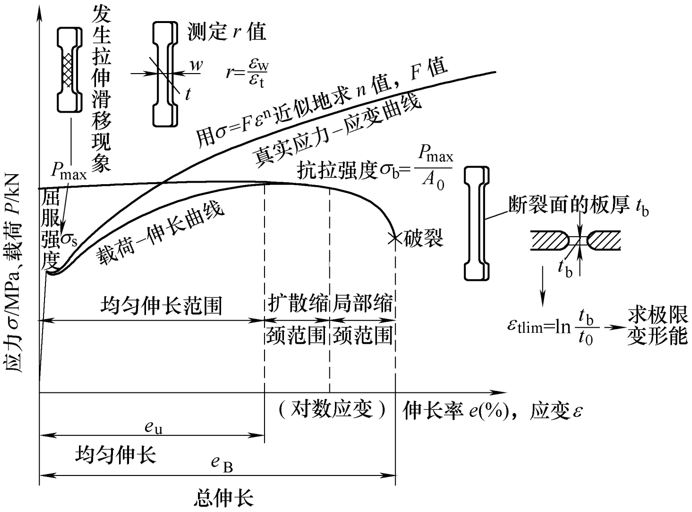


图 9-51　单向拉伸材料特性示意图

云称作柯氏气团。

金属的变形是通过位错运动来实现的，然而由于柯氏气团的存在，使得位错运动受到阻力，要使位错继续运动，就必须要有比位错正常运动高的应力，才能使位错与气团分离，这个应力就是上屈服强度。当位错移动一段距离后，就可以摆脱气团的阻力而在正常的应力下运动，这个应力就是下屈服强度。因此，可以认为柯氏气团的存在是产生滑移线的根本原因。

2. 滑移线产生的外部因素

滑移线产生的外部因素有：

1）金属有屈服现象，即金属处于退火状态。

2）冲压加工时，金属在屈服阶段产生较小的变形量。

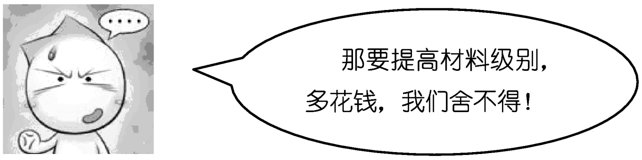
3）材料保存环境温度较高。

3. 材料生产时如何防止产生滑移线

防止产生滑移线的措施主要有两点：

1）改进原材料的浇注工艺，以减少原材料中气体原子特别是氮原子的含量。氮是随炉料进入钢中的，在冶炼过程中，钢液也从炉气中吸收一部分氮，因此钢中不可避免地存在一些氮。对于原材料的浇注，采用真空浇注技术，对钢液进行脱气处理，可以减少钢中的气体含量，使钢液更纯净，组织更致密，从而提高钢液质量。

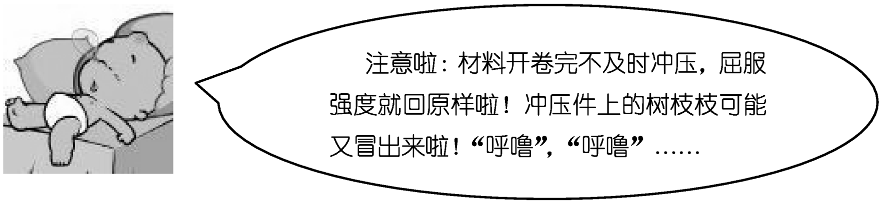
2）由于氮是导致应变时效的最主要元素，一般为了抵抗应变时效的发生，采用添加固氮元素的做法，即在钢中加入一定量的 Ti、Nb，使钢中的 C、N 原子被固定成为碳化物、氮化物或者碳氮化物，从而使钢中没有间隙原子的存在（故称为无间隙原子钢，即 IF 钢），这样可杜绝滑移线的产生。常见的固氮和固碳元素有钒、钛、铝、铌等。



4. 材料使用时如何预防或减轻滑移线

预防或减轻滑移线可采取以下方法：

1）根据应变时效原理，对退火钢板在冲压之前先增加一道微量冷轧（如 0.5% ~3% 的压下量）工序，增加材料的动位错，以消除屈服平台。经冷轧后的钢板应立即进行拉深成形，否则固溶氮和碳随时间延长而发生的扩散聚集，会使增加的动位错又重新被固定下来，并在应变时效作用下重新出现屈服平台。碳和氮的固溶量越多，温度越高，应变实效进行得就越快，室温较高的时候，在几个小时或几天内，就可以恢复到矫平加工前的状态，如图 9-52 所示。材料的放置温度与变形时效速度的比较关系见表 9-40。



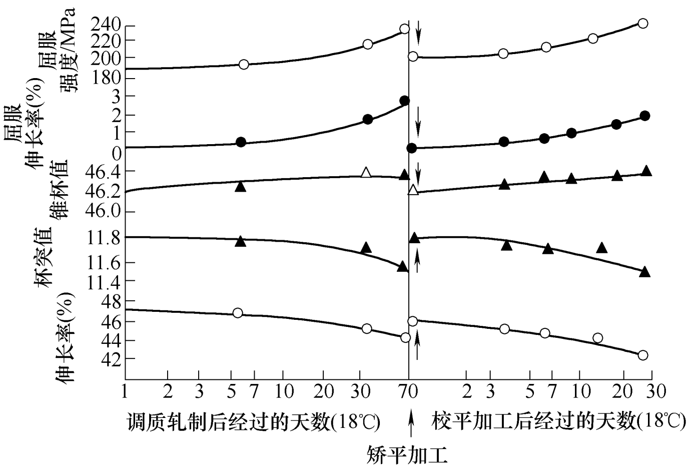


图 9-52　调制轧制后及矫平后的时效变化

表 9-40　材料的放置温度与变形时效速度的比较关系

100℃	25℃	21℃	15℃
4h	4 个月	6 个月	1 年
2h	2 个月	3 个月	6 个月
1h	1 个月	6 周	3 个月
20 min	10 天	2 周	1 个月
5 min	2.5 天	4 天	1 周
2 min	1 天	36h	3 天

对屈服伸长率达到3% ~4% 的材料，即使进行矫平加工，要想消除屈服伸长以防止发生拉伸滑移也是困难的。

2）提高该区域的变形抗力，减小局部屈服的倾向性，可预防滑移线的产生，这也是为什么一些变形较大的冲压件较少出现滑移线，而变形较小，表面较平滑的零件(如汽车门外板)容易产生滑移线的原因。

3）材料在钢厂规定的质量保证期内冲压，可以减少滑移线出现的几率，也有机会获得钢厂的赔偿或补偿。

思　　考

1. 什么是吕德斯带？
2. 氮对滑移线有无影响？
3. IF 钢是否会产生滑移线？
4. 无屈服平台的材料是否会产生滑移线？
5. 滑移线是否在材料没冲压时就可以看见？
6. 开卷对消除滑移线有无帮助，有什么附加条件？

9.16 材料剪切的方法和方式有哪些

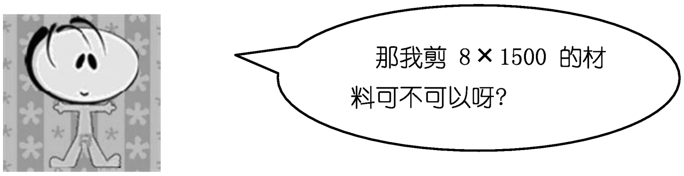
冲压零件所需的毛坯尺寸，除去定尺盒板料和开卷料，通常是由大尺寸的板料经过剪板机剪切而成。

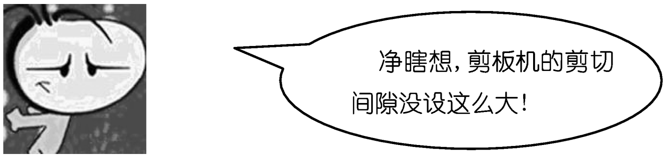
材料剪切主要考虑两大因素：一是剪切力，二是剪切方式。

1. 剪切力的确定

材料的牌号不同、规格不同，所需的剪切力不同。

如 6×2500 的设备规格，设备允许最大剪切材料的料厚为 6mm、长度为 2500mm，我们剪切一般的材料，只要不超过此范围即可直接剪切。





一般剪板机设计用材的抗拉强度 σ_b = 450MPa(也有设计和实际不相符的情况)，如果材料超过此值，我们就要进行剪切力核算。由于剪板机多是倾斜剪切，因此以下是斜刃剪切力的计算方法。

斜刃剪切力计算公式为

$$P_1=\frac{0.65t^2\tau_k}{\tan\alpha}=\frac{0.5t^2\sigma_b}{\tan\alpha}$$

式中 P_1——斜刃剪切力(N)；
t——板料厚度(mm)；
τ_k——材料抗剪强度(MPa)；
σ_b——材料抗拉强度(MPa)；
α——上刃口倾斜角(°)。

如果材料出现剪切力不够的情况，如高强板材料的剪切，就要针对高强板的受力情况定制新的剪板机，并在刀块材料、硬度及机身强度等方面作相应的调整。

2. 材料剪切方式

按工艺给定的剪切规范操作。

指导材料剪切的主要工艺文件有“材料清单”和“剪切下料卡”。

“材料清单”：将全部冲压零件按照车型(产品类型)分类后，依次按零件顺序号列出材料属性的文件。

文件的内容包括冲压零件的零件号、零件名称、每个产品所需该零件的个数，以及所用

材料的牌号、料厚、材料宽度、材料长度、材料状态等。

材料状态主要有以下几种类型：

1）一块料包含几个零件用的材料，如 0.8×820×185 条，即下料时条料为 185 的倍数。

2）一块料只包含一个零件用的材料，如 0.8×820×185。

3）一块料包含 $2\times n$ 个零件的材料。

如果 n 等于 1，通常是左右件同模冲压，如 0.8×820×185/2 等；如果 n 等于 2 的倍数，多是为节约材料而采用正反落料的情况。

4）斜料或梯形料，如 0.8×185×(820+300)/2，表示材料料厚为 0.8mm，料宽为 185mm，一边长 820mm，一边长 300mm。

不同的厂家对材料状态的表述是不一样的，原则上能表述清楚，不产生误解就可以。

"剪切下料卡"：是指导相关人员如何使用和如何剪切材料的工艺文件，见表 9-41。

表中需要剪的原始板料尺寸为 1.5×1499×714，所剪零件的毛坯尺寸为 1.5×238×140 条，表示单件材料的料厚为 1.5 mm，料宽为 238 mm，料长为 140 mm。由于第一序是落料，所以材料要下条料。剪切图上①、②分别代表剪切方式的顺序：

第①刀，剪 238×714，剪 1 条，每条为 5 件的料，余 238×14 不剪，剪完后剩下的板料尺寸为 714×1260；

第②刀，在 714×1260 板料上剪 238×1260 条料 3 条，每条 9 个零件。

这张板共剪了 1+3=4 条，总计剪切了 1×5+3×9=32 个零件的料。

然后将每张板料的重量除以剪切出来的零件数，就是这个零件的材料消耗定额。

如果剪切后的余料较大，可以用作其他零件，需要再剪切，可以在主图的旁边再画一小剪切图，所用的零件号及材料情况填在剪切下料卡下方。

你们不知道那表格上下的数字是干什么的吧？

那上面的是文件号，下面的是表单号，是 TS16949 标准要求的，没办法呀。

3. 材料剪切精度要求

材料剪切的宽度公差、长度公差、垂直度公差及毛刺公差要求参见专文。

从钢厂采购的材料尺寸是有几毫米正公差的，对没有特殊剪切精度要求的零件，一般材料公差分摊到每个剪切的零件毛坯尺寸上。

在实际生产中，常常仅对模具定位要求严格或成形稳定性受剪切精度影响较大的零件材料作特殊要求，其余零件材料的剪切按自由公差。对较大的毛坯尺寸的检查，为方便起见，常常检查长度、宽度尺寸及对角线尺寸，而不作剪切垂直度检查。对角线的公差值根据实际需要自定。

4. 剪切工艺方式

冲压件的毛坯材料类型有：

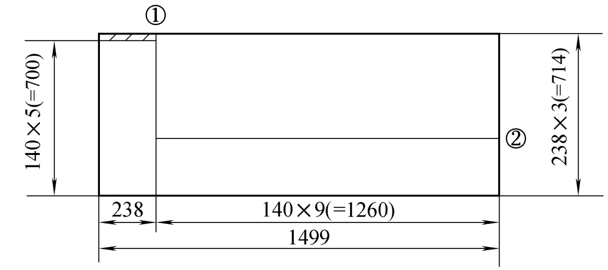
① 矩形。

表 9-41　剪切下料卡示例

剪切下料卡

单位：××　　　　版次 1.0　编号 CSMI-C00025G

材料牌号	材料规格	板料重量	零件净重	车身型号	A	B			零件号	××	
DC04	1.5×1499×714	12.603	0.15	每车件数	1/1				零件名称	下支架右/左	
毛坯尺寸	毛坯重量	消耗定额	剪切利用率	每张条数	每条件数	每张件数	第一刀工时	第二刀工时	第三刀工时	人数	使用设备
1.5×238×140 条	0.392	0.394	99.6%	1+3	5/9	1×5+3×9	××	××	××	2	

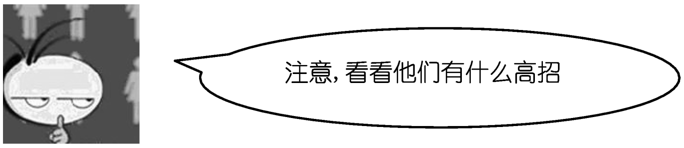


			备注	余料编号	余料数量	余料利用率(%)	零件号	可剪零件	毛坯尺寸

序号	更改标记	签名	日期	备注		审核		校对		拟定	

CSFMA4.2B.07　　　　共　　页　　第　　页

② 梯形。
③ 三角形。
④ 切角、异型。
⑤ 对材料外观有要求。
⑥ 对剪切精度有要求。
⑦ 对剪切不平度有要求。
因此剪切就有了不同的剪切方式。



异型材料的剪切方式：

剪板机需要作一个小改造，即在剪板机的进料台上加钻数组螺母孔，每组前后各一；再做几个定位靠板，按所需角度固定在进料台上，再配合前定位就可以剪切所需要的材料尺寸了(见图9-53和图9-54)。

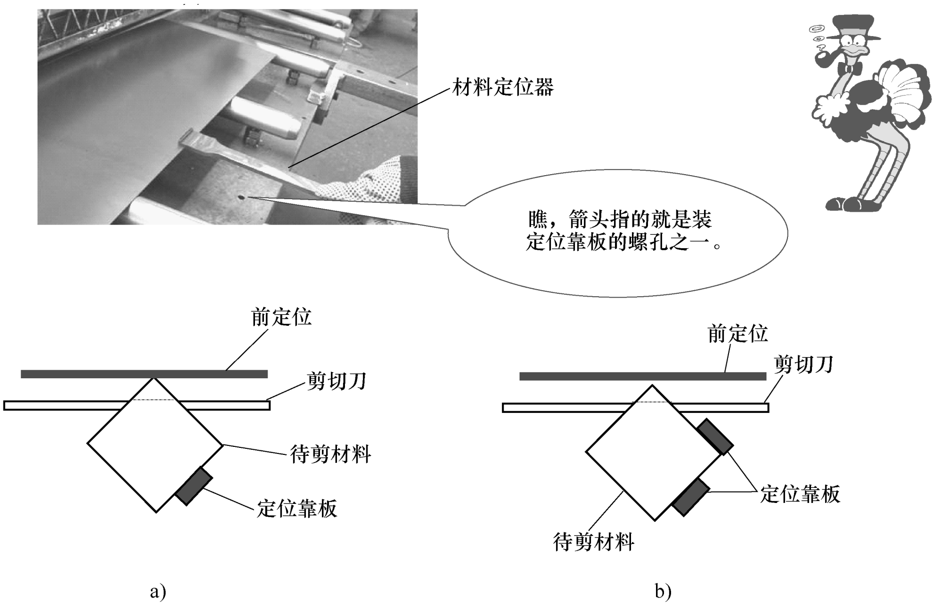


图9-53　异型材料的剪切方法
a）异型料剪切方法一　b）异型料剪切方法二

剪切对表面要求无杂质、无划伤的材料，如果设备本身未带像“5.3.5 剪切防划伤措施”一文中所述的防划伤装置，采用前定位来剪切划伤的几率要小一些。

在作业前，要先把进料侧材料经过的区域都擦拭干净。对进料侧无滚动摩擦的接触面，要作表面防护，如对手摸尖锐的部位要作隔离(可以在进料侧垫一大块平整无毛刺的钢板)，材料剪完后再滑移到左或右侧堆垛。

剪切后的材料要每隔若干件，翻面进行检查。

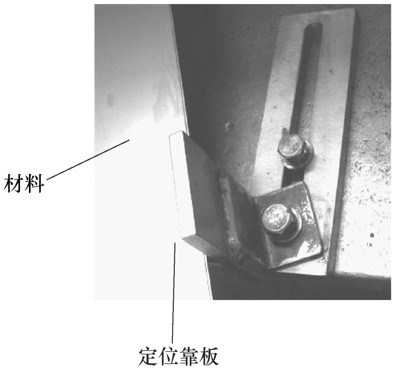
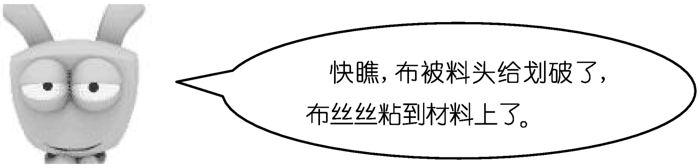


图 9-54　异型材料的剪切定位



5. 材料管理流程

对汽车车身来说，材料占成品零件成本的 70% ~80%，因此对材料使用的各个环节，都要有相应的程序监控。

对汽车厂来说，生产部门要根据每批次的生产计划，编制“材料运行单”（见图 9-55），一式四联。

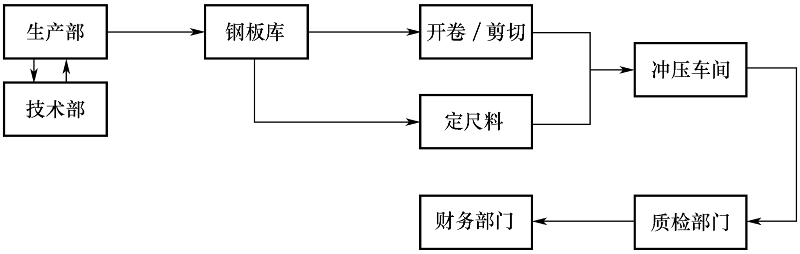


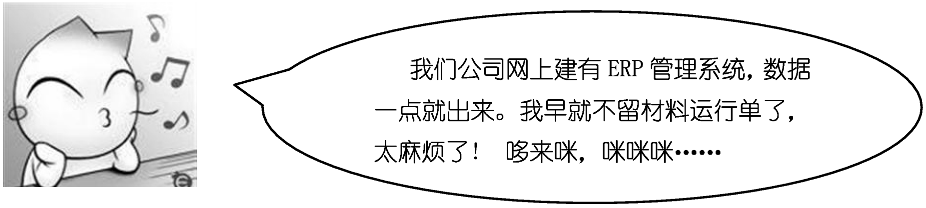
图 9-55　材料运行单

“材料运行单”的主要内容包括：

根据材料的各项工艺文件，确定每个冲压零件的计划生产用料规格；一批次生产用量及零件个数；实际用料规格及重量；实际生产零件的件数及废品数量。

材料运行单随着生产流程走，钢板库填写发料品种及发料量，剪切工段填写每个品种的剪切数量，冲压车间填写生产件数，质检员填写废品数量及不良品数量，财务部门作成本核算。

程序走完后，主要相关部门留一联作统计和核算。



思 考

1. 剪切的余料还要剪切才能用，怎样做“剪切下料卡”？
2. 三角料如何剪切？
3. 0.8mm 料厚，250mm 宽的材料，剪切公差是多少？
4. 1.5mm 料厚的毛刺 E 级精度允许范围是多少？

9.17 同类材料标准如何对照

目前国内常用的材料标准有宝钢标准、日本 JIS 标准、日本 JFS 钢铁联盟标准、德国 DIN 标准、欧洲 EN 标准，也有的汽车厂采用丰田标准、本田标准、日产标准等。由于标准不同，同一类材料的化学成分和力学性能可能会有些差异。为了便于材料牌号的国产化或采用代用材料，将性能相近的材料作一近似对照，见表 9-42 ~ 表 9-50。

表 9-42 冷连轧低碳钢相近牌号对照

国标 GB/T 5213-2008	欧洲 EN10130：1999	宝钢 Q/BQB 408-2009	国际 ISO 3754-1976	德国 DIN 1623：2009	日本 JIS G 3141：2009	日本钢铁联盟（本田）JFS A 2001-1998	日本新日铁	日本丰田	日本日产
DC01	DC01	BLC	CR1	ST12	SPCCT	JSC270C	SPCCT	SPC270C	SP129
DC03	DC03	BLD	CR2	RRST13	SPCD	JSC270D	SPCD	SPC270D	SP121
DC04	DC04	BUSD	CR3	ST14	SPCE	JSC270E	SPCEN	SPC270E	SP122
DC05	DC05	BUFD	CR4	—	SPCF	JSC270F	—	SPC270F	SP123
DC06	DC06	BSUFD	CR5	—	SPCG	JSC260G	—	SPC260G	SP124
DC07	DC07	—	—	—	—	—	SSPDX	—	—

表 9-43 冷连轧碳素结构钢板及钢带相近牌号对照

宝钢 Q/BQB 410-2009	日本 JIS G 3135：2006	日本钢铁联盟（本田）JFS A 2001-1998	德国 DIN 1623-（2）：1986
B240ZK	SPFC 390	JSC390W	—
B280VK	SPFC 440	JSC440W	—
St37-2G	—	—	St37-2G
St44-3G	—	—	St44-3G
St52-3G	—	—	St52-3G

表 9-44　烘烤硬化高强度冷轧钢相近牌号对照

宝钢 Q/BQB 416 -2009	国标 GB/T20564. 1 -2007	欧洲 EN10286： 2007	日本(本田) JIS G 3135：2006	日本钢铁联盟 JFS A 2001-1998	日本 丰田	日本 日产	美国 ASTM A1008M-07b
B140H1	CR140BH	—	—	JSC270H	—	—	—
B180H1	—	—	SPFC340H	JSC340H	SPC340BH	SP135-340	—
B180H2 HC180B	CR180BH	HC180B	—	—	—	—	BHS Grade180
HC220B	CR220BH	HC220B	—	—	—	—	BHS Grade210
HC260B	CR260BH	HC260B	—	—	—	—	BHS Grade240 BHS Grade280
HC300B	CR300BH	HC300B	—	—	—	—	BHS Grade300

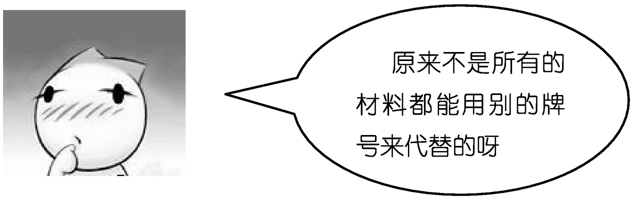


表 9-45　无间隙原子/加磷高强度冷轧钢相近牌号对照

宝钢 Q/BQB 413- 2009	日本钢铁联盟 JFS A 2001 -1998	国标 GB/T 20564. 1- 2007	欧洲 EN10286： 2007	美国 SAE J2745 -2007	日本 本田	日本 丰田	日本 日产
B170P1	JSC340P	—	—	—	JSC340P	SPC340HR	SP132-340
B210P1	JSC390P	—	—	—	—	—	—
B250P1	JSC440P	—	—	—	JSC440P	SPC440HR	SP152-440
HC180Y	—	CR180IF	HC180Y	180AT	—	—	—
HC220Y	—	CR220IF	HC220Y	210AT	—	—	—
HC260Y	—	CR260IF	HC260Y	250AT	—	—	—
B180P2	JSC340W				—	—	—
B220P2	JSC390W				—	—	—

表 9-46　低合金高强度冷连轧钢相近牌号对照

宝钢 Q/BQB 419-2009	美国 ASTM A1008M-07a	欧洲 EN10286：2007	日本 本田	日本 丰田	日本 日产
HC260LA	—	HC260LA	—	—	—
HC300LA	HSLAS grade 310 class 2	HC300LA	—	—	—
HC340LA	HSLAS grade 340 class 2	HC340LA	—	—	—
B340LA	HSLAS grade 340 class 1	—	—	—	—
HC380LA	HSLAS grade 380 class 2	HC380LA	—	—	—
HC420LA	HSLAS grade 410 class 2	HC420LA	—	—	—
B410LA	—	—	JSC590R	SPC590	SP151-590

表 9-47　相变诱导塑性高强度冷连轧钢相近牌号对照

宝钢 Q/BQB 417-2009	欧洲 PrEN 10338：2007	美国通用汽车 GMW 3399-2008	美国 SAE J2745-2007
HC380/590TR	—	CR 590T/380Y-TR	TRIP 590T/380Y
HC400/690TR	HCT690T	CR 690T/410Y-TR	TRIP 690T/400Y
HC420/780TR	HCT780T	CR 780T/440Y-TR	TRIP 780T/420Y
HC450/980TR	—	—	—

表 9-48　双相高强度冷连轧钢相近牌号对照

宝钢 Q/BQB 418-2009	日本 本田	日本 丰田	日本 日产	美国 SAE J2340-1999	美国 SAE J2745-2007	美国通用汽车 GMW 3399-2008	欧洲 PrEN 10338：2007
B340/590DP	JSC590Y	SPC590DU	SP153-590	600 DL2	DP590T/340Y	CR590T/340Y-DP	HCT600X
B400/780DP	—	—	—	—	DP780T/420Y	CR780T/420Y-DP	HCT780X

表 9-49　马氏体高强度冷连轧钢相近牌号对照

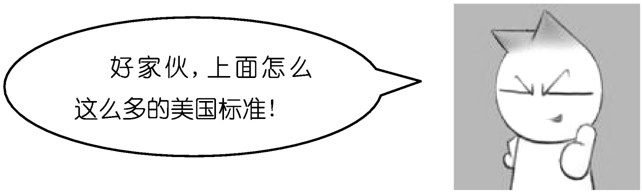
宝钢 Q/BQB 415-2009	美国 SAE J2340-1999	美国 SAE J2745-2007	美国通用汽车 GMW 3399-2008
HC500/780MS	800 M	—	CR780T/500Y-MS
HC700/900MS0	900 M	MS900T/700Y	CR900T/700Y-MS
HC700/980MS	1000 M	—	CR980T/700Y-MS
HC860/1100MS	1100 M	MS1100T/860Y	CR1100T/860Y-MS
HC950/1180MS	1200 M	—	—
HC1030/1300MS	1300 M	MS1300T/1030Y	CR1300T/1030Y-MS
HC1150/1400MS	1400 M	—	—
HC1200/1500MS	1500 M	MS1500T/1200Y	CR1500T/1200Y-MS

表 9-50　连续热镀锌/锌铁合金镀层钢相近牌号对照

宝钢 Q/BQB 420-2009	欧洲 EN 10327：2004	日本 JIS G 3302：2007	美国 ASTM A653M-08	日本 本田	日本 丰田	日本 日产
DC51D + Z DD51D + Z(热基板)	DX51D	SGCC SGHC	CS Type C	—	—	—
DC51D + ZF				JAC270C	SCGA270C	SP789
DC52D + Z	DX52D	SGCD1	CS Type A CS Type B	—	—	—
DC52D + ZF				JAC270D	SCGA270D	SP781
DC53D + Z ,	DX53D	SGCD2	FS Type A FS Type B	—	—	—
DC53D + ZF				JAC270E	SCGA270E	SP782

（续）

宝钢 Q/BQB 420-2009	欧洲 EN 10327：2004	日本 JIS G 3302：2007	美国 ASTM A653M-08	日本 本田	日本 丰田	日本 日产
DC54D+Z，DD54D+Z(热基板)	DX54D	SGCD3	DDS Type C	—	—	—
DC54D+ZF				JAC270F	SCGA270F	SP783
DC56D+Z	DX56D	SGCD4	DDS Type A	—	—	—
DC56D+ZF				JAC260G	SCGA260G	SP784
DC57D+Z	DX57D	—	EDDS	—	—	—
DC57D+ZF				—	—	—



思　　考

1. JAC270C 是否基本上可以用 DC01 代替?
2. JFS A 是什么标准? ASTM 是什么标准?
3. SGCD3 是什么标准的什么材料?
4. SPC270E 可以用什么材料来代替?
5. SAE 是什么标准?
6. B140H1 在 ASTM 标准中是什么?

9.18　材料的主要技术文件有哪些

一个产品往往由很多冲压件组成，就汽车车身产品的成本而言，冲压件的材料就占总成本的80%左右，因此我们要对所使用的众多的零件材料做一个详细的、科学的使用规范，具体来说就是要做各类材料的技术文件。

1. 材料清单

将每个冲压件的材料牌号和毛坯尺寸、产品(车型)以及每辆车使用的件数列出清单，作为直接指导冲压部门材料运行及生产的基础材料文件。见表9-51。

毛坯尺寸：可以直接进行冲压零件的材料尺寸规格。

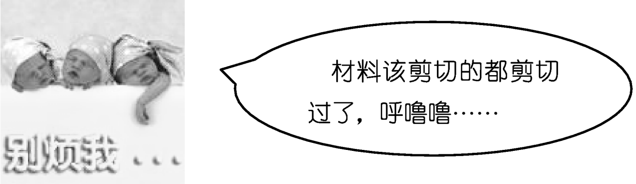


表9-51　材料清单示例

零件号	零件名称	件数/车型1	件数/车型2	材料牌号	料厚/mm	材料宽/mm	材料长/mm	状态	备注
1＊＊＊＊R/L		1/1	1/1	DC01	0.8	300	35	条料	
2＊＊＊＊		1	1	DC01	1.0	500	400	切角	见剪切卡003
3＊＊＊＊		2	1	DC04	0.8	(300＋200)/2	1000	梯形料	见剪切卡006
4＊＊＊＊R/L		1/1		SAPH440	2.0	205	98	条料	
5＊＊＊＊		1	1	DC03	1.5	100	60		
6＊＊＊＊R/L		1/1	1/1	DC01	1.5	600	500	/2	
7＊＊＊＊		1	2	DC01	0.9	200	80	/2条	

注：1. 表中的材料为一个零件的毛坯材料，零件号按大小顺序排序，便于查找。
2. 状态栏中条料表示下料时应下“材料长”栏中尺寸的若干倍。
3. 状态栏中切角表示材料还要按“剪切下料卡”的规定尺寸进行剪切。
4. 状态栏中梯形料表示材料为一头大、一头小的斜边料。
5. 状态栏空白表示材料为单件块料。
6. 状态栏的/2为一块料可以同时同模压制两个零件，一般为对称零件同时成形或落料。
7. 状态栏中的/2条为“材料长”栏中的尺寸两件的尺寸，同时还要是其若干倍，此类材料一般为正反下料的条料。

2. 材料消耗明细表

材料消耗明细表是规定每个冲压件的材料来源及所消耗的材料定额。此表是材料运行部门如何使用材料的规范性文件，也是用于采购材料的“材料消耗汇总表”的基础文件。

此表的制作直接关系到材料的利用率和整个产品的材料总消耗，是材料管理的核心文件。此项工作需要花费很多心思，要考虑很多的灵活因素，应用软件也难以很好地表达其多变的内涵(详细内容参见专文)。

3. 材料消耗汇总表

将“材料消耗明细表”的同车型(产品)、同牌号、同规格的各个零件的材料消耗逐项汇总，形成可以根据不同车型产量的多少来确定材料采购规格和采购量的技术文件(其内容详见专文)。

4. 剪切下料卡

剪切下料卡是规定剪切方式方法的图形文件(见 9. 16 文)，主要用于套裁零件及剪切方式较复杂的零件，对于一目了然的材料剪切方式可省略。

表中的剪切材料消耗要与“材料消耗明细表”对应。

5. 可利用废料清单

可利用废料清单是将冲压下来的可以再利用的废料，指定给合适的零件做冲压用料，并使废料系统能与使用废料零件的用量需求配套的文件。

对于使用废料的零件，因为所用的废料消耗已经体现在主冲压件上了，因此在“材料消耗明细表”里，此零件的消耗就为零或部分为零，两个文件要相互贯通，即要先做好废料利用，再做材料消耗明细表(详细内容参见专文)。

废料：冲压下来的零件以外的材料。

余料：毛坯剪切完主要零件剩余下来的材料，可考虑与别的零件材料套裁，或用于其他小零件，不能利用的要算在材料消耗里。

材料文件有好几种，但材料的毛坯尺寸要贯穿于各个材料文件，一项改动，全部文件都要作相应的改动。

思　　考

1. 材料主要有哪几个文件?
2. 哪个文件对材料消耗影响最大?

9.19 如何做金属材料消耗明细表

“金属材料消耗明细表”(简称明细表)的作用，是对每个产品中所有的冲压零件材料作一系统全面的分析，在便于采购和使用的基础上，使冲压件的材料消耗最小化，也就是说，产品消耗材料是多是少，要由明细表来决定。因此做好明细表，对节约企业生产成本有着重要的意义。

“金属材料消耗明细表”的主要内容见表 9-52。

9.19.1 材料的基本概念

1）材料的工艺消耗：一个冲压件为了获得毛坯尺寸所需用的原材料重量与一个冲压件的毛坯重量之比。

原材料重量包括为了获得一个冲压件的毛坯尺寸而分摊的“剪切”边角余料，包括开卷料的料头和料尾损耗。

2）材料利用率：一个冲压成品件的净重与此零件材料的工艺消耗的比值。

表 9-52　金属材料消耗明细表示例

公司名

金属材料消耗明细表

版次 2.0　　编号　CSWI-A00001

料号	零件号	工艺要求的采购材料规格							技术条件	一个零件的毛坯尺寸							单件工艺消耗/kG	剪切利用率（%）	单件净重/kG	件/车		替代材料牌号	替代材料标准	备注
		牌号	料厚	材料尺寸			板重/kG	每板件数		牌号	料厚	材料尺寸				毛重				** 1	** 2			
				长	宽	开长						长	宽	条	余数									
1	**** 1	DC06	0.8	1630	C	1670	17.1	4	Q/BQB401/3-2009	DC06	0.8	1670	815	/2	0.5	4.274	4.274	100	1.396		2			
2	**** 2	DC06	0.8	1630	C	1280	13.1	4		DC06	0.8	1280	815	/2	0.5	3.276	3.276	100	1.067		2			
3	**** 3	DC06	0.8	1630	C	575	5.89	2		DC06	0.8	790	575		1	2.853	2.943	97		1	1			余 50 × 575
																								用于 **** 8
	******																							
10	**** 5	DC04	0.8	1025	1730		11.1	2	Q/BQB401/3-2009	DC04	0.8	1730	1025		1	5.568	5.568	100	3.271	1	1			FD 表面
11	**** 6	DC04	0.8	1025	1730		11.1	6	Q/BQB401/3-2009	DC03	1	1005	575	/2	0.5	1.815	1.856	98	0.683		1			剪切卡 001
	******																							
21	*** 11	DC01	1.2	1380	C	810	10.5	36	Q/BQB401/3-2009	DC01	1.2	230	135	条	1	0.292	0.292	100	0.228					剪切卡 008
22	*** 12	DC01	1.2	1380	C	190	2.47	10		DC01	1.2	190	138	条	1	0.247	0.247	100	0.215					
23	*** 16	DC01	1.2	1380	C	140	1.82	9		DC01	1.2	152	140	条	1	0.200	0.202	99	0.141					

CSFMA4.2B.06　　审核　　会签　　校对　　编制

注：表中的“系数”0.5 表示毛坯尺寸是两个零件的材料，系数 1 表示是一个零件的材料。“毛重” × “系数”是通过毛坯尺寸算出来的一个零件的材料用量。

产品的材料利用率为一个产品的所有冲压成品件的净重与该产品所需要消耗的所有冲压材料的重量之比。

3）材料的剪切利用率（下料利用率）：一个冲压件的毛坯重量与该冲压件消耗的材料之比。

9.19.2　钢厂订货的限制条件

一般钢厂对材料采购有一定的限制条件，包括：

1）对一个采购规格，有最小批量的限制，限制量一般为25～50t。

2）如果是火车运输，要满足一个车皮60t的采购量或者是60t的倍数。

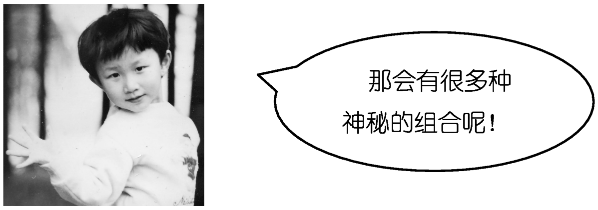
3）有的钢厂因为通关运输及开卷条件等原因，只能供应卷料。

因此制订明细表要根据这些因素来考虑，尤其是钢厂对一个品种的最小采购量，决定了零件材料的合并程度，决定了明细表中的材料采购规格数量。

9.19.3　明细表中材料规格的确定

一个产品（车型）中，可能有数百个零件的毛坯材料尺寸和多种不同的材料牌号。明细表的功用就是要按照钢厂品种的重量要求，逐个对每个零件的材料尺寸作分类分析计算，从中找出合理的、利用率高的材料采购规格，并同时考虑其他的相关因素，如尽量避免一个采购规格或一个采购批次为几个月的用量，以免造成材料的库存量增加和流动资金的周转率放缓。通常材料是一个月一采购。

因此，材料采购规格的确定是明细表的核心内容。



1. 材料采购规格确定的程序

1）首先将所有冲压毛坯材料按牌号、料厚进行分类，如材料牌号DC01、料厚为0.8mm的所有毛坯材料为一类。

2）对已分类的毛坯材料进行采购规格数量的预分析。

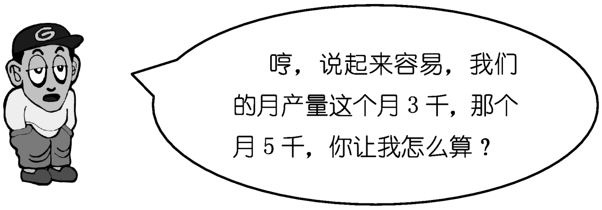
① 先将对毛坯材料表面要求高的大型覆盖件材料或尺寸特殊的毛坯材料（简称“特料”）分别列出来，作为采购定尺料（盒板料）或主采购品种的基础。特料以外的毛坯材料简称“常料”。

② 根据钢厂对每个采购品种的最小重量要求，预判断采购的品种数，然后再根据必须独立采购的材料品种进行修正。

$$\text{预采购材料品种数量}\ N=\frac{\text{总计毛坯重量/(辆)}\times K\times\text{常规每辆车的月产量}}{\text{钢厂要求的最小采购品种重量}}$$

式中　总计毛坯重量/（辆）——对已分类的零件，按照一辆车的毛坯材料用量进行重量总计；

K——剪切利用率，可预设为 3% ~6%。



如果 $N<$ 特料的数量，采购品种就基本上按特料来确定；

如果 $N>$ 特料的数量，或没有特料，就要从常料中再确定其他的采购规格。

在满足钢厂采购要求的条件下，采购规格越多，越有利于提高材料利用率。

2. 对预采购材料品种数量 $N<$ 特料数量的情况进行零件毛坯材料的分析计算

常料的零件用料，要往特料规格上靠，一般来说，哪种特料对常料零件的材料利用率高，就采用哪种特料规格，但材料使用不是仅仅考虑材料的利用率，还要考虑其他因素。

常料的采购规格选择思路如下：

1）将常料的长、宽尺寸作逐一的比例放大计算，并画出材料的剪切草图，看用哪一种特料的利用率高。

2）如果余料较大，就要看用哪一种特料的余料可以利用率高地用在其他零件上。

3）如果余料的利用率虽然高，但与所用特料的使用比例不配套，就要综合考虑有无更合适的使用方案。

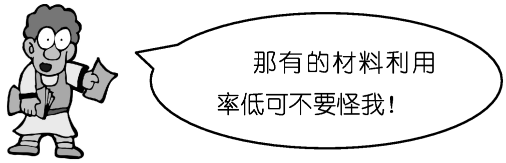
如某采购规格料，主要使用零件(简称主件)为一辆车用 2 件，其一张料可以剪切 5 件，即一张料可以满足 2.5 辆车的用量。材料在主件料剪切完后，还会剩下一块余料(一次余料)，用于剪切第二个零件。这块余料对第二个零件来说，利用率很高，可以满足生产 6 辆车的用量，但我们只需要 2.5 辆车的用量，以便与第一个零件数量配套，也就是说，余料用不完(会有二次余料)，如果再用于第三个零件，一是使用比例可能不配套，二是会给材料的防锈和生产管理带来困扰，在剪切上可能还会遇到困难。

对小于 0.8mm 的薄板料，一般情况下，二次余料不再采用，但对于厚料，还是要考虑充分利用。

因此，对常料选择使用特料的时候，常常在满足方便使用上，方便管理上要综合考虑。

4）要满足每个特料品种的最小采购量，并使每个材料采购规格所生产的辆份数尽量

均衡。



5）要考虑在材料利用率相差不大的情况下，用料便于剪切或少剪切、不剪切，因为剪切也需要成本。

6）有些余料再利用需要进行剪切，要考虑剪切的工艺性。有些几毫米、十几毫米宽的边是难以剪切的，这点要注意。

7）钢厂材料在一般规格的尺寸上有2～5mm的正公差。有时毛坯材料尺寸的倍数大于特料采购尺寸几毫米，此时可将特料的正公差考虑进去，这就是为什么明细表的材料剪切利用率有时会出现大于100%的情况。同时反过来，我们还可以去查验零件的毛坯尺寸小一点是否不影响零件的冲压，以满足材料的采购规格。

8）如果同级别材料的零件不能很好地利用余料，可以考虑用于低一个材料级别的零件，前提是材料降级使用造成的成本提高比材料利用率降低带来的损耗更合算。

9）如果余料在同料厚的零件中，没有合适的利用对象，可以在料厚略薄的零件中选用，条件是模具对材料料厚的敏感度较低。

10）如果特料能使用卷料，会给常料提高利用率带来益处。

3. 预采购材料品种数量N>特料的数量或没有特料的情况

与N<特料的数量相比，材料的采购规格不是现成的，需要在众多的尺寸中，选出合理的材料采购规格。

采购规格确定的原则包括以下几个方面：

1）以每个产品（每辆车）相对使用重量大的零件材料作为选择采购规格的主料。

2）以尺寸相对较大，尺寸倍数难以与别的规格相靠的零件材料作为选择主料。

3）以材料利用率都相对较高的采购规格为主。

4）尽量选择材料价格较低的尺寸波段，如有的钢厂小于900mm宽的材料就比1000～1250mm宽的材料单价要贵。

以上几项原则根据具体情况综合考虑。

5）以主料（或特料）为采购规格材料，主料的尺寸是决定其他附属零件材料利用率的关键环节。

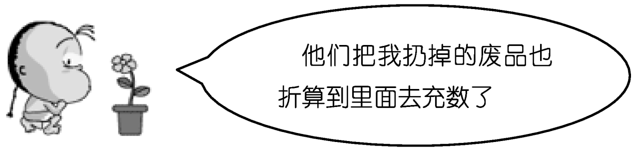
如主料比附属材料要大10mm，那么附属材料的采购规格都要相应大10 mm，因此对此类主料零件的毛坯尺寸要进行工艺改进，使尺寸减小。其带来的效果不仅仅是主料的材料消耗减少，而且相应的一系列零件材料消耗都得到减少，意义很大。

6）其他考虑因素与常料利用特料采购规格的因素相同。

9.19.4 材料单件工艺消耗的计算

单件工艺消耗：一张采购材料或一块开卷材料的重量与所包含的主件材料数量之比，即明细表中的“板重”／“每板件数”。

零件每辆消耗 = 单件工艺消耗 × 件数/每辆车



材料若除去主件材料，还有余料可以用在其他零件上，为简化计算，其他零件的材料消耗一般不计，都计入主件消耗。虽然其他单件的消耗为零，但对一个采购品种来说，其总消耗量是没有变化的，不影响采购材料重量及整个产品的消耗计算值。

另外使用废料的零件，如使用车门窗框切下来的废料冲压的零件，其工艺消耗也为零，因为窗框的废料消耗已打入车门的材料消耗里。

9.19.5　明细表的其他项目说明

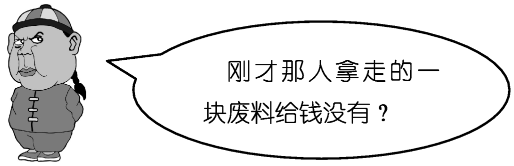
明细表的其他项目包括废料重、技术条件和替换材料。

1）“废料重”也可以加入“明细表”中，其计算式为

废料重 = 材料消耗 − 零件净重

计算废料重是为了统计和预测废料的总量，以便于处理和核算，因为废料还存在一定的残值。

计算时要注意，如果上式计算的是每辆车冲压件产生的废料，那么各项都要以每辆车冲压件相对应的内容来计算。



2）技术条件：指钢厂对所需采购材料牌号对应的技术标准号。

3）替换材料：指与指定采购材料牌号类似或接近的其他材料牌号，以便当指定采购材料在供应出现紧缺时可以用其他牌号暂时替代。

明细表上的内容可以根据需要作微调，例如，有的明细表没有剪切利用率，而是材料利用率，即零件净重与材料消耗之比。另外制作明细表时，每个材料类型之间要空开一段距离，以方便增加内容和修改。

思　　考

1. 什么是材料消耗？与毛坯重量有什么区别？
2. 怎样确定采购规格？
3. 常料如何确定材料的采购规格，主要考虑什么？
4. 什么时候需要考虑材料的辆份配套？
5. 使用废料的零件要不要计算材料消耗？

9.20 如何做金属材料消耗汇总表

“金属材料消耗汇总表”(简称汇总表)是对“金属材料消耗明细表”的汇总，即将明细表中的独立零件材料消耗，按每种采购规格、每种车型或产品进行汇总，形成指导材料采购的技术文件。见表9-53。

从文件形式上来看，汇总表突出的是材料的采购规格，而明细表突出的是单个零件。

汇总表的核心内容是采购规格和辆份消耗。

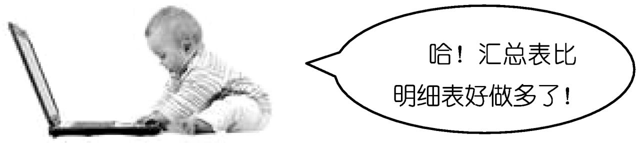
1. 汇总表的内容说明

1）“工艺要求的采购材料规格”与明细表中的相关条目对应。

2）“辆份消耗”为明细表中使用同一类采购规格零件的“单件工艺消耗”与“件/车”乘积的汇总，哪个车型使用的零件就汇总到哪个车型中；哪个车型没有使用某零件，此零件在相应车型中的消耗就为零，即采购材料中没有这个零件在这个车型的材料。

在有关部门报材料采购计划时，根据预计月生产的车型数量，分别乘以汇总表中的“辆份消耗”，再考虑一些其他因素，如现有库存量、安全库存系数等，钢材采购计划中的采购规格和采购重量就出来了。而采购材料如何使用要遵照明细表的规定。

3）“主要使用零件”栏主要是填写对采购规格影响最大的零件用毛坯材料。



2. 汇总表要做的统计项目

汇总表除了汇总“辆份消耗”，还要从不同的角度对材料的相关数据作统计，以便能够对整个产品的使用材料情况有一个概括性的了解。

汇总的结果专门列出一张说明，放在汇总表的次页。

需要汇总的项目如下：

1）一个产品(一辆车)总共需要消耗多少材料。

汇总表里汇总的消耗定额是理论消耗，是一个材料理想使用状态的衡量指标，实际生产使用的材料消耗接近或等于理论消耗，一般来说是管理的水平到位。

影响产品材料消耗的因素有：

① 是否严格按照汇总表的规格型号来采购材料。

② 采购的材料用量应与实际需要相匹配，零件因规定用的材料数量不足而改用其他利用率低的材料。

③ 实际使用未按明细表的规定。

④ 材料的使用数量在控制上有欠缺。

⑤ 卷料的料头、料尾质量波动较大，影响了材料的使用。

⑥ 可利用的废料没有正常保留和使用，使原应使用废料的零件占用了正料零件的材料定额。

表 9-53　金属材料消耗汇总表示例

××公司

金属材料消耗汇总表

版次 2.0　　CSWI-A00002

料号	工艺要求的采购材料规格						替代材料		辆份消耗			主要使用零件				备注
	牌号	料厚	材料尺寸		板重/kG	技术条件(1)	牌号	技术条件(2)	车型 1	车型 2	车型 3	零件号 零件名称	零件毛坯尺寸			
			长	宽									料厚	长	宽	
1	ST12	0.75	1300	C		Q/ASB312-2006	DC01	Q/BQB401/3-2009	8.763	8.763	8.763	*****	0.75	650	2290	
												*****				
2	DC06	0.8	1300	1880	15.348	Q/BQB401/3-2009			20.24	20.24	20.24	*****	0.8	1300	1880	FD 表面
												*****				
3	DC06	0.8	1480	2320	21.563	Q/BQB401/3-2009						*****	0.8	790	2320	FC 表面
												*****				
												*****	0.8	690	750	
												*****				
4	DC03	1.0	1620	C		Q/BQB401/3-2009			12.56	9.551	9.551	*****	1.0	1670	810	
												*****				
												*****	1.0	1280	805/2	
												*****				

⑦ 理论消耗的材料尺寸为公称尺寸，实际消耗的材料料厚等尺寸含有偏差。

⑧ 在材料实际消耗的统计和计算上存在误差。

2）一辆车的材料利用率：

一辆车的材料利用率 = 一辆车的冲压件净重/一辆车的冲压件材料总消耗

3）同类牌号的零件每辆车需要消耗多少材料，各占总消耗量的比例。

如一辆车(一个产品)DC01 需要消耗多少公斤，DC06 又需要消耗多少公斤，用此概算材料的成本较方便。

4）每辆车需要消耗多少每种料厚的零件材料。

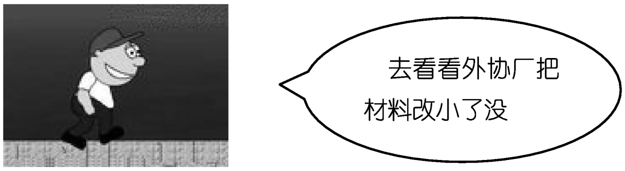
5）每辆车需要消耗多少卷料。

6）每辆车需要消耗多少定尺料(盒板)。

7）卷料和定尺料各占总消耗量的多少。

如＊＊1 车型卷料使用量为总消耗量的 50%，＊＊2 车型卷料使用量为总消耗量的 60%等。

8）如果车型中的零件有外协生产，就要按内制件和外制件的材料消耗分别占比统计。



思 考

1. 汇总表与明细表有什么关系？
2. 汇总表中的“辆份消耗”是怎么计算的？
3. 一辆车的消耗是怎么得来的？
4. 材料都有哪些数据需要汇总？
5. 材料采购的规格来自哪里？

9.21 如何做剪切下料卡

剪切下料卡(简称“下料卡”)，是与“金属材料消耗明细表”配套的表格，准确地说，是通过做下料卡，来确定一张板料如何使用，一张板料可以剪切几个零件，材料剪切利用率如何，进而来确定明细表中的材料消耗，这两种表常常是交错编制的。

剪切下料卡的内容见表 9-54。

1. 剪切的方案类型

确定剪切方案的原则有两点：剪切利用率高和剪切方便刀次少。

剪切的方式有以下几种类型：

1）单个零件单方向剪切。

2）单个零件纵横两个方向剪切，如表 9-54 中图所示。

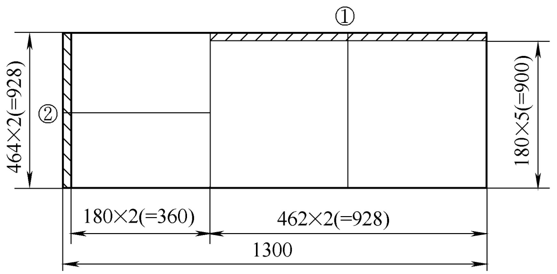
表 9-54　剪切下料卡示例

××公司

剪切下料卡

版次 1.0　编号　CSMI-C00025H

材料牌号	材料规格	板料重量	零件净重	车身型号	*** 2	*** 2	*** 3	*** 4	零件号	*****	
DC01	1.6×1300×928	15.152		每车件数	2	2	2		零件名称	加强板右/左	
毛坯尺寸	毛坯重量	消耗定额	剪切利用率	每张条数	每条件数	每张件数	第一刀 $T_{作}$	第二刀 $T_{作}$	第三刀 $T_{作}$	人数	使用设备
1.6×464×180 条	1.05	1.082	97%	2+2	5/2	14	0.167	0.166		2	***



			备注	余料编号	余料数量	余料利用率%	零件号	可剪零件数	毛坯尺寸

序号	更改标记	签名	日期	备注	开卷——剪切	审核		校对		拟定	

CSFMA4.2B.07　　共　页　第　页

3）两个及两个以上零件共用一张板料，即进行套裁。

2. 剪切下料卡的要点

1）剪切顺序：剪切顺序是剪切方案具体实施的手段。表 9-54 中图中的标号“①”、“②”即为剪切的顺序指示。为了标注方便，同一类的剪切只标一个号，如表中的尺寸 464 需要剪两次，将两块料分开，但对这样相同的尺寸剪切，只用一个顺序号表示。

2）余料的处理：表 9-54 中图中的阴影线表示此料是余料，但由于被附带的材料是落料条料，多出一部分并不影响以后的冲压生产，因此不必再花费工力剪切。

如果材料尺寸要求精确，余料部分还是需要剪切。另外如果余料能够再利用，也需要再剪切。

3）每张条数：指每张板料能够剪切的主件的条数，条数的大小可能不一。表 9-54 中图中的条数为剪切顺序①剪切两条（简称条数 1），剪切顺序②剪切两条，共 4 条（简称条数 2）。

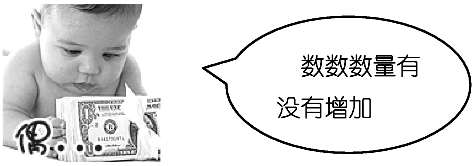
4）每条件数：指各种类型的条料每条包含的零件个数。

如表 9-54 中图中的剪切顺序①剪切的条料，一条包含 5 个零件的料；剪切顺序②剪切的条料，一条包含 2 个零件的料。

如果毛坯尺寸的形式为：$0.8 \times 200 \times 70/2$，则表示此料为两个零件的料，剪切时按 $0.8 \times 200 \times 70$ 的尺寸剪切，那么“每条件数”就要再乘以 2。

5）每张件数：每张料剪切的主要零件个数。

$$每张件数 = (每张条数1 \times 每条件数) + (每张条数2 \times 每条件数) + \cdots\cdots$$



6）消耗定额的计算：

$$消耗定额 = 板料重量/每张件数$$

式中　板料重量——用来剪切的“材料规格”的重量；

每张件数——板料剪切主要零件的数量，如果是套裁，其他零件的数量不计，消耗全部归到主件（主要零件）中。

7）第一刀 $T_{作}$：指按剪切顺序①剪切一刀规定花费的作业时间，这个时间包含了剪切过程中的辅助时间。$T_{作}$是对操作工人作业效率的限定，一般采用比平均水平略高的标准。实际 $T_{作}$花费的时间越少表示工作效率越高（详见专文）。

$T_{作}$也可以简化计算为一段生产时间内，剪切所花费的时间/规定剪切一定的刀次。

剪切的准备和结束时间未包含在内。

第二刀 $T_{作}$类推。

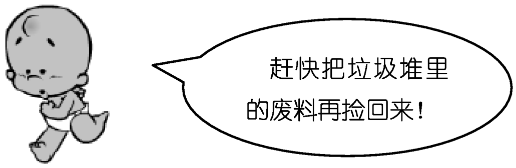
8）余料的使用：余料的使用表示剪切余料可以用于其他零件，即可以实现套裁。套裁也存在一个剪切方式方法的问题，也需要像主料剪切一样画示意图，图可以放在主剪切图旁边，并表明余料的编号，即这是第一号余料还是第二号余料，用于哪个零件。

余料的零件数据填写在表 9-54 的下方专用栏内。

> **思　　考**
>
> 1. 剪切方案确定的原则是什么？
> 2. 剪切主要有哪几种方式？
> 3. 表9-54中的①和②是否表示剪一刀或者剪两刀？
> 4. 消耗定额怎样计算？

9.22 如何做可利用废料清单

可利用废料(简称废料)是冲压后可以再次利用的废料。为了使废料利用系统化、规范化，需要制作专门的“可利用废料清单”，见表9-55。



“可利用废料清单”的编制要点：

① 废料利用的原则是废料要好冲压，好剪切，好收集存放。

② 为了区别使用的废料，每块废料要编号。

③ 使用废料一定要经过调试，因为有的废料在拉深成形时，已经消耗了一部分成形能力，同牌号的废料与同牌号的正料已有区别。

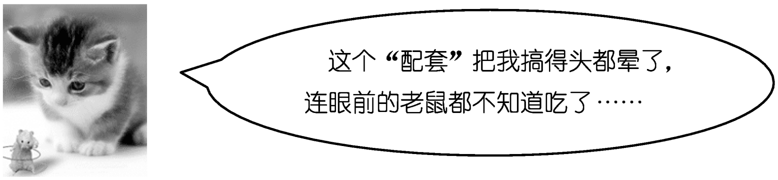
④ 废料的牌号要在表中注明，高牌号的废料可以用于同级别或降一级的零件使用(经过调试后确定)，以使废料的价值充分利用，如有的废料可以用于拉深件。

⑤ 废料利用也要求利用率高，尤其是在废料量不足的情况下。剪切主件余下的可再利用的废料称为“余废”。

⑥ 要准确地标示一块废料能够生产几个零件。

由于废料常常是异形的，而使用的零件也往往是异形的，尤其是落料件，因此一块废料究竟能生产几个零件，要结合模具的状况进行实地查看。

⑦ 使用废料的零件，其使用量尽量与废料量配套，以减少需要正规材料补料的情况，减少管理环节。辆份配套是根据一块废料能够生产的零件数来计算。



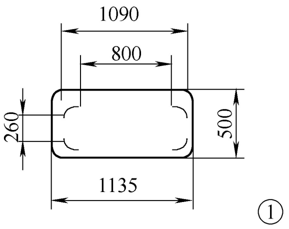
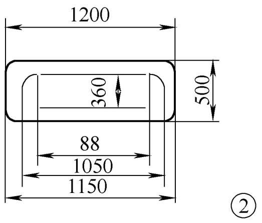
⑧ 废料利用要尽量小废料给小零件用，大废料给大零件用。如果没有大零件可生产，大废料的经济价值也相对要高。

表 9-55　可利用废料清单示例

××公司

可利用废料清单

版次 2.0　编号　CSMI-A0003G

零件号及名称	废料号	材质	废料简图	块/辆	利用废料零件号	毛坯尺寸	件/块	件/辆	备注
					**** 1	0. 8 * 705 * 395/2	1/1	1/1	余废用于 **** 3
				1/(1)	**** 2	0. 8 * 830 * 365	1		余废用于 **** 3
*****	G1	ST12		2 序	**** 3	0. 7 * 695 * 105 条	1	1/1	用以上两零件的余废
*****		0. 8							不足 G2 余补齐
					**** 4	0. 8 * 260 * 140	8		主用 G23，不足 H2 补，表面好
					**** 5	0. 8 * 783 * 245	2	1	
					**** 6	ST14ZF	1/1	1/1	第一刀，横剪 380 宽
*****	G2	ST14		2 序		0. 8 * 440 * 380			余废用于 **** 3
*****		0. 8		1					
					**** 3	0. 7 * 695 * 105	1	1/1	用 **** 6 的余废
									不足 G2 余废补

注：1. 块/辆栏中的“1/(1)”中“1/”表示“零件号与名称”栏中的上一个零件每辆车产生一块废料；“/(1)”表示下面一个零件的废料虽然相同，但因属于车型中特殊要求的零件，在常规的生产中，不一定每辆车都会产生此类废料，即一辆车有时会有两块此类型废料，有时只有一块，废料数量不定。

2. 块/辆栏中的“工序”表示废料是在冲压第二序中产生的。

⑨ 当使用的某一废料量不足时，可以用其他规格的废料补齐，如表 9-54 中的“＊＊＊＊3”零件。

⑩ 由于废料表面可能存在一定的缺陷，而且材料经过数道工序，表面的清洁度已大打折扣，因此对外观有要求的零件，一般不推荐使用废料。

⑪ 对不能直接使用，需要剪切的废料，要标明废料的剪切方法，必要时要像剪切下料卡一样，标明废料的剪切顺序。

⑫ 对于表面有翘曲的废料，由于受剪板机安全挡板的限制，不好剪切，因此要尽量用在能够避让的落料模上。

对于其他类似不好剪切或不值得剪切的废料，也要尽量用在不发生干涉的落料模上。如果发生干涉，可考虑对模具进行改进。

⑬ 为了使废料能够充分利用，对有的零件，在模具允许的情况下，可以适当增加材料厚度。如某零件需用料厚为 0.7mm 的废料，如果没有同料厚的废料可以利用，而 0.8mm 料厚的废料还有多余，可以考虑用 0.8mm 料厚的废料替代。

⑭ 废料清单要与金属材料消耗明细表配套，用废料的零件就不分配正料的定额。

总之，废料利用可以直接减少正料的消耗，意义很大，要充分予以发掘利用。

思　考

1. 使用废料的原则是什么？
2. 使用废料要不要考虑辆份配套？
3. 使用废料要考虑哪些因素？
4. 零件是否使用废料还与哪份文件有关系？

第 10 章　冲 压 工 时

10.1　什么是劳动定额

最早的劳动定额是 18 世纪 60 年代法国人坡伦聂制订的每分钟生产 494 个大头针的产量定额，1911 年，美国工程师弗·温·泰罗建立的泰罗制，为劳动定额学奠定了基础。

1）劳动定额：在一定生产技术和生产组织条件下，为生产一定量产品或完成一定量工作而预先规定的、必要的劳动消耗标准，如工时定额、产量定额等。

2）工时定额：劳动定额以一个人生产单件产品所需要的时间来表示称为工时定额(T)。

对汽车行业来说，如以分钟来计，单位为：人·件/min 或人·辆/min；如以小时为单位，则为人·件/h 或人·时/辆。“人·时/辆”是指汽车行业中一个人生产一辆份的冲压件所需花费的小时数。

3）产量定额：劳动定额以一个工作班的生产量来表示称为产量定额(N)。

工时定额和产量定额之间的关系为

$$N(\text{件/班})\times T(\text{工时/件})=8\text{h}$$

$$N(\text{件/班})\times T(\text{工分/件})=8\times 60\text{min}=480\text{min}$$

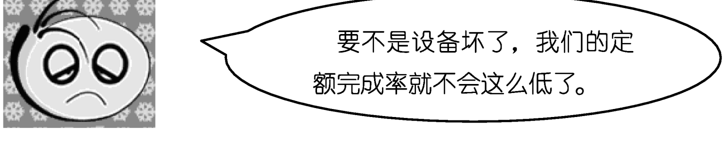
定额水平通常以定额完成率和定额达到率表示。

4）定额完成率：

$$\text{定额完成率}=\frac{\text{完成定额工时}}{\text{实做工时}}\times 100\%$$

或

$$\text{定额完成率}=\frac{\text{实际产量}}{\text{产量定额}}\times 100\%$$



单件小批量生产的定额完成率可在 90% ~125% 之间，大批量生产可在 95% ~115% 之间。

5）定额达到率：

$$\text{定额达到率}=\frac{\text{实际定额人数}}{\text{定额考核人数}}\times 100\%$$

定额达到率可在 85% ~95% 之间。

思　　考

1. 什么是劳动定额？
2. 什么是工时定额？
3. 工时定额和产量定额之间的关系为什么是"8"？
4. 大批量生产的劳动定额在95%～115%之间，如果实际为85%，说明什么？

10.2　冲压时间如何分类

冲压生产中有两大类时间消耗，一类是定额时间，另一类是非定额时间。

10.2.1　工时中的定额时间

定额时间：冲压工完成某一作业所必须消耗的时间。

定额时间的组成包括作业时间、准备与结束时间、休息和生理时间。

1. 作业时间($T_{作}$)

作业时间是定额时间中的主要组成部分，包括基本时间和辅助时间。

① 基本时间($T_{基}$)：基本时间是为完成作业的基本内容所消耗的时间，或定量为单位时间所能完成的件数(台数)，对冲压而言就是单位冲压操作时间内生产的工件数(产品数)。基本时间是作业时间的主要部分。

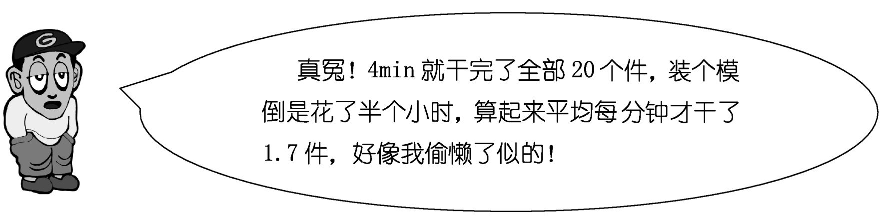
② 辅助时间($T_{辅}$)：为了实现基本工艺过程而进行的各种辅助操作所消耗的时间。对冲压操作而言，辅助时间主要指转运工件的间歇时间。

对一个班来说，辅助时间越短，作业时间越长，生产率越高。

$$作业效率=\frac{基本时间/班}{(基本时间+辅助时间)/班}$$

2. 准备与结束时间($T_{准}$)

是指工人为了生产一批产品或完成一项工作，事前进行准备和事后进行整理所消耗的时间。这种时间消耗对一批生产只发生一次，而且与生产数量(n)的多少无关。



对大批量生产来说，分摊到单位产品上的 $T_{准}$ 就会相对较少。

3. 休息和生理时间($T_{休}$)

是指工人为了满足生理和体力上的需要，在工作班内恢复正常工作能力所消耗的时间。

$T_{休}$ 与作业时间之比称 $K_{休}$，如果一个工作班按 8h 计算，则

$$K_{休} = \frac{T_{休}}{60 \times 8 - T_{休}}$$

以上三类时间综合为定额时间，用公式表示的单件定额时间 $T_{单}$ 为

$$T_{单} = T_{作}(1 + K_{休}) + \frac{T_{准}}{n}$$

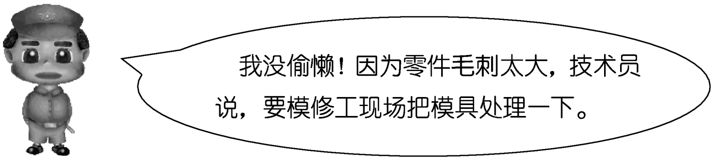
10.2.2 冲压非定额时间 $T_{非定}$ 的确定方法

非定额时间：工人进行非生产产品所需要的工作消耗时间和停工损失时间。

非定额时间包括两方面：

1）由组织原因造成的时间消耗，如开会、打扫卫生、配合设备修理等。

2）由于模具、设备、材料等出现异常停工而造成的时间消耗。



10.2.3 定额时间完成率

定额时间完成率是指定额时间与总花费时间之比。

1）单个零件的实际定额时间完成率：

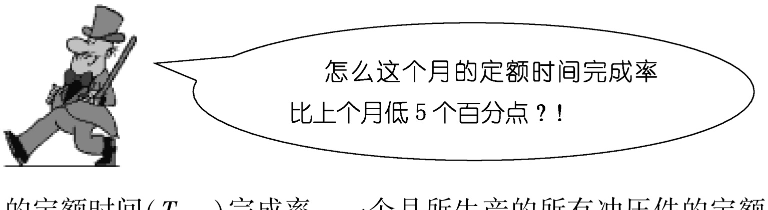
$$单件定额时间完成率 = \frac{T_{单}}{T_{单} + T_{非定}/n}$$

2）每辆车的定额时间($T_{辆}$)完成率(以汽车行业为例)：生产一辆车的冲压件所用定额时间与生产一辆车总共花费的时间之比，即

$$每辆车定额时间完成率 = \frac{T_{辆}}{T_{辆} + T_{非定辆}}$$

式中　$T_{非定辆}$——每辆车所花费的非定额时间。

一般每辆车的定额时间完成率是按每生产批的平均值来计。



3）每个月的定额时间($T_{月总}$)完成率：一个月所生产的所有冲压件的定额时间总和与一个月的冲压工总考勤时间之比。

$$每月定额时间完成率 = \frac{T_{月总}}{冲压工总考勤时间}$$

思　　考

1. 什么是定额时间？
2. 单件定额时间与什么有关？
3. 定额时间完成率与什么因素有关？
4. 定额时间和工时定额有什么区别？

10.3　冲压定额时间如何确定

1. 影响冲压作业时间 $T_{作}$ 的因素

影响冲压作业时间 $T_{作}$ 的因素有以下几个方面：

1）同样是小型落料模具，下出料和上出料的用时不一样(下出料冲压工的动作较少,用时相对较少)，连续模和普通模用时不一样。

2）同样是成形模，有的模具顶料是自带弹簧，有的是需要装托杆，装模的时间会有差异(需安装托杆的耗时较多)。

3）大零件在小模具上冲压局部比小零件在小模具上冲压要慢。

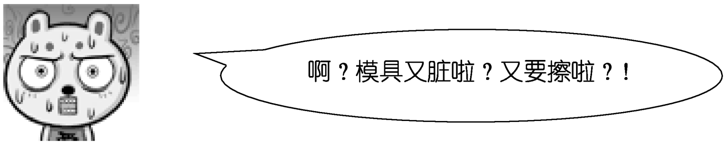
4）难定位、难出件的模具用时要长些。

5）同样的模具，人多比人少生产率高。

6）冲压厚料相对比冲压薄料要费力费工。

7）条料落料比块料及利用废料落料要省工省时。

8）外观件、内表件对模具和材料表面需作额外的清洁保护，用时要长。



9）模具安装位置距离冲压工站立位置较远(如大台面设备安装小模具等情况)，操作工进出件要增加探腰的动作时间，冲压用时会受影响。

10）液压机一般比机械压力机的动作节奏慢。

11）材料、工件、废料的转运形式对生产速度有影响。

12）工件大小与材料运送频次、装架数量及废料量(采用废料自动输送线除外)的转运频次变化有关系。

13）工位器具的形状、摆放位置及摆放方式对取、放零件的速度有影响。如图 10-1 所示的挂架，取、放零件明显要比一般方式要慢。

2. 冲压作业时间 $T_{作}$ 的确定

冲压作业时间的确定有现场实测法、经验确定法、统计分析法和查表法。

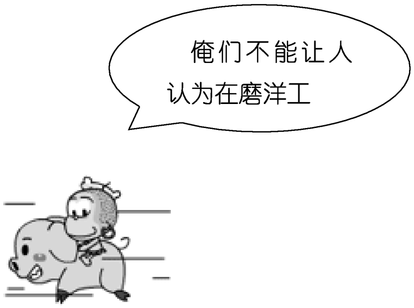


图 10-1　挂架

1）现场实测法：指对不同的模具、不同的工序进行现场实测。除了测定冲压基本时间，即每分钟生产几件作为基础数据外，还要测定一个时间段平均生产多少件，即将生产过程中的工件、废料转运等辅助时间也包含其中，并以此来确定冲压作业时间（$T_{作}$）。

对自动化生产线，测量生产节拍即可。

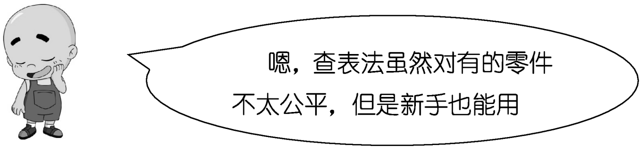
2）经验确定法：指利用每个模具的结构特点、使用特点、所用设备的情况及材料的情况对冲压操作工每分钟生产件数或每小时生产件数进行类推。这种方法要求定额制订者具有较丰富的经验及对工艺相当的熟悉，并且了解不同模具及操作情况的耗时差异。

3）统计分析法：指根据冲压生产实际情况的分项统计资料来作为工时的制订基础。每次生产单件所用的时间会有差异，定额制订者要对数据作分析，并选择中等偏上的速度作为工时定额中的基本时间。

4）查表法：根据上述几种方法，按照不同设备、不同模具类型和冲压人数，制订出基本时间的表格（见表 10-1），使用时按条件查表或进行类推。

表 10-1　落料模作业时间标准示例（含转运辅助时间）

设　备	JC23-63		JH36-250				E4S-630			
模具类型	落料		落料				落料			
模具特点	上出料	下出料	上出料		下出料		上出料		下出料	
作业人数	1	1	2	3	2	3	3	4	3	4
基本时间/（件/min）	7	12	6	7	8	9	4.5	5.5		



3. 准备时间 $T_{准}$ 的确定

$T_{准}$包括装卸模具，阅读与即将生产和正在生产的冲压工件相对应的作业指导书等技术性文件，检查模具和设备状态，生产前调试设备、模具到正常冲压的状态，对工件进行质量首检和尾检，生产结束时保养和擦拭模具，收拾工具用品，填写生产及模具设备状态记录，

清洁环境等所需要的时间。

这里主要讨论的是装卸模具、工件首检和尾检的时间消耗，其他的项目可以根据不同企业的实际情况来定。

装卸模具时间的确定：为简化起见，可以将模具调整和工件首检的时间一并计入装模时间。

装卸模具时间的确定也有现场实测法、经验确定法和查表法。

1）经验确定法。该方法要求定额制订者要熟悉模具及工件的质量状态，了解其中的差异性。

① 同样是单动拉深模，有的模具较小，所装托杆数量较少，装模时间相对较少；有的模具较大，托杆数量较多，装模时间相对较长。

② 装托杆的模具要有压边圈预升起及检查托杆安装状态的时间。

③ 调试比较困难的拉深模比容易调节的模具费时要多。

④ 同样吨位的压力机，由于设备特点不同，可能会造成耗时的不同。如工作台开动方向为前后的压力机，就要花费时间提前清理工作台运动区域的物品；不同的设备工作台开出开进的速度会有数分钟的差异，设备闭合高度调整速度的差异及设备自动化程度带来的速度差异等都会造成耗时的不同。

⑤ 检查形状复杂、质量要求高的零件比检查形状简单的零件费时。

⑥ 检查大尺寸工件比检查小尺寸工件费时。

⑦ 外观件、内表件对模具和材料清洁度的要求高，要在冲压前消耗擦拭的时间（用模具清洗机清洁过的模具除外）。

⑧ 装卸模的运输条件有差异，如桥式起重机利用率的高低或等待桥式起重机对装卸模速度的影响会造成耗时的不同。

⑨ 废料豆多的落料模及切边类模具卸模时比普通成形模具要增加额外的清理时间。

⑩ 装托杆的模具比不装托杆的模具要消耗取出托杆、收好托杆的时间。

2）查表法：是指按照模具的大小及特点，列出装模规范（装模时间是从开始装模到开始生产的时间段）。查表法是在前几种方法的基础上建立起来的，见表 10-2。

表 10-2　装模作业时间标准示例（以小型设备为例）　　（单位：min）

设备		JH21-160	JH21-125	JA23-125（无气垫）	JC23-63	JH23-40
模具类型	落料模	20	18	18	16	15
	切边模	20	18	18	16	15
	拉深模（带托杆）	23	21	32	18	18
	成形模（带托杆）	22	20	31	17	17
	成形、整形模	19	17	17	15	14
	弯曲、翻边模	19	17	17	15	14

查表法只是针对一般模具，有些模具还需根据特点作相应的修正，如有的模具需要安装定位支架，要占用不少时间。

装卸模时间每次实测都会有差异，制订装模时间可以按中等偏上的速度来定。

工时定额可以根据实际情况的变化作相应的调整，但调整周期以年度为宜，以免财务部

门按工时作成本分摊时，引起成本波动。

思　　考

1. 冲压作业时间的确定有哪几种方法？
2. 冲压作业时间是否应该按最慢的速度来确定？
3. 在同一设备上，是不是装模时间都差不多？
4. 确定在3台不同吨位的设备上，10个工件的装模时间和冲压作业时间。

10.4　冲压件工时定额如何计算

工时定额：是指一个人生产单件产品所需要的时间。

这里面含有三个要素：

① 人：一个人或一组人。

② 时间：可以是“分钟”，也可以是“小时”。

③ 产品(工件)：一个产品或一件工件。

1. 冲压装模工时定额如何计算(见表10-3)

表10-3　一个冲压件的装模工时定额计算

工序类型	设备	装模时间/min	装模人数	生产批量/件	装模工时/(人·分/件)
1/3—拉深	JC36-630	35	2	2500	0.028
2/3—切边	S2-400	25	2	2500	0.02
3/3—整形	S2-400	22	2	2500	0.018
一个冲压件装模工时合计					0.066

注：装模工时=装模时间/生产批量×装模人数。

2. 冲压工时定额如何计算（见表10-4）

表10-4　一个冲压件的冲压工时定额计算

工序类型	设备	生产件/min	冲压人数	冲压工时/（人·分/件）
1/3—拉深	JC36-630	5	2	0.4
2/3—切边	S2-400	5.5	2	0.36
3/3—整形	S2-400	6	2	0.33
一个冲压件冲压工时合计				1.09

注：冲压工时 = 1min × 冲压人数/生产件。

3. 一个冲压零件的工时计算

一个冲压零件可能要经过以下几大类工序：

① 开卷。

② 剪切。

③ 冲压。

每类工序的工时定额相加，就是这个零件的工时。

由于休息时间也是定额时间的组成部分，因此工时还要乘以（$1+K_{休}$），即 $T_{休}$ 与作业时间之比。

若休息时间按每班20min计，$K_{休}$ 计算如下：

$$K_{休}=20/(480-20)=0.043$$

如果按每道工序的工时来进行相关计算，每道工序就要分别乘以（$1+K_{休}$）。

一个冲压零件的总工时计算见表10-5。

表10-5　一个冲压零件的总工时计算

工艺类型	每件工时定额/min	工艺类型	每件工时定额/min
开卷	0.082	零件工时定额	1.468
剪切	0.06	$1+K_{休}$	1.043
冲压	1.26	总工时/件	1.531
装模	0.066		

注：总工时 = 零件工时定额 ×（$1+K_{休}$）

4. 一辆份的冲压件工时计算

以汽车行业的特点为例，一辆份的冲压件工时计算见表10-6。

表10-6　一辆份冲压件工时定额示例　　（单位：人·分/件）

零件号	零件名称	1车型每辆件数	2车型每辆件数	每件工时定额	1车型工时定额	2车型工时定额
1****	**	2	2	1.26	2.52	2.52
2****	**	1	0	0.82	0.82	0

（续）

零件号	零件名称	1 车型每辆件数	2 车型每辆件数	每件工时定额	1 车型工时定额	2 车型工时定额
3 ****	**	1	1	4.5	4.5	4.5
5 ****	**	2	3	0.72	1.44	2.16
……	…	…	…	…	…	…
合计一辆份冲压件工时/[人·时(分钟数/60)/辆]					***/60min	***/60min

5. 工时定额的分项计算

一辆份的工时定额是开卷、剪切、冲压、装模工时定额的合计，如果我们要了解各项的工时情况，就需要进行分项计算。见表 10-7 和表 10-8 示例。

表 10-7　一辆份剪切工时定额示例　（单位:人·分/件）

零件号	零件名称	1 车型每辆件数	2 车型每辆件数	每件剪切工时	1 车型剪切工时	2 车型剪切工时
1 ****	**	1	0	A	A*1	A*0
2 ****	**	2	2		…	…
3 ****	**	1	1		…	…
4 ****	**	2	0		…	…
5 ****	**	2	3		…	…
……	…	…	…		…	…
合计一辆份剪切工时/[人·时(分钟数/60)/辆]					……	……

表 10-8　一辆份装模工时定额示例　（单位:人·分/件）

零件号	零件名称	工序类型	设备	装模时间/min	共模系数	装模人数	生产批量/件	装模工时	每件装模工时	1 车型每辆件数	2 车型每辆件数	1 车型装模工时	2 车型装模工时
1 ** L	**	1/2—落料	**	**	0.5	*	**	**					
	**	2/2—成形	**	**	1	*	**	**	**	**	**	**	**
1 ** R	**	1/2—落料	**	**	1	*	**	**					
	**	2/2—成形	**	**	0.5	*	**	**	**	**	**	**	**
2 **	**	1/2—成形	**	**	1	*	**	**					
	**	2/2—切边	**	**	1	*	**	**	**	**	**	**	**
……	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
合计一辆份装模工时/[人·时(分钟数/60)/辆]												***	***

注：共模系数是一套模具两个零件共用，如左右件对称的零件，落料或成形共用一套模具，装模时间各占 1/2，故共模系数为 0.5。

装模时间还可以按每类模具或每类型设备进行汇总，然后除以相应的模具套数，算出同类模具、同类设备的单套装模时间，或再乘以装模人数，算出单套装模工时。

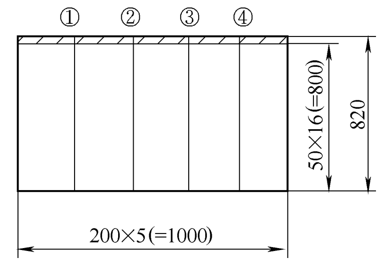
其他分项工时定额计算可参照以上两类计算表。

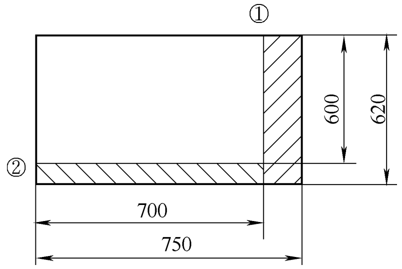
10.5　剪切工时定额如何制订

▲剪切工时：是指一个人利用剪板机在单位时间内平均所剪切的刀次。

有的零件的材料需要几刀剪切才能完成，有的一刀可以剪切几个零件的材料，见表 10-9。因此为了合理地规定操作工的工作量，需要将零件剪切转化为刀次。

表 10-9　剪切示意图

零件号 * * * * -1	剪　切　图	剪切情况
毛坯尺寸：0. 8 ×200 ×50 板料尺寸：0. 8 ×1000 ×820		剪切刀次：4 刀 剪切零件数： 5 条 ×16 件/条 =80 件
平均每刀剪 20 个零件		

零件号 * * * * -2	剪　切　图	剪切情况
毛坯尺寸：1. 0 ×600 ×700 板料尺寸：1. 0 ×620 ×750		剪切刀次：2 刀 剪切零件数：1 件
两刀剪一个零件		

10.5.1　剪切工时定额包含的内容

1）剪切作业时间：剪切基本时间和剪切辅助时间(如剪切过程中的转运时间)。

2）剪切准备时间和结束时间：每包料开包，剪板机定尺调整，整包料吊运到剪板机工作区等一次性的消耗时间，以一包待剪料为单位。

如果一包料是几个零件的用料，可将消耗的时间按比例分摊。

3）休息时间。

10.5.2　剪切时间的确定

1. 影响剪切效率的主要因素

不同的剪切条件，作业时间不同。

1）同一零件尺寸，板料尺寸不同(待剪材料的尺寸规格)，剪切的刀次不同。

2）同一板料，零件尺寸不同，剪切的刀次不同。

3）类似的零件材料，板料尺寸不同，定位调整次数不一样。

4）不同的剪切方式，同方向(剪板机的前方或后方)的余料规格数量有变化。

5）剪切人数不同，花费的剪切时间不同。

6）剪板机剪切速度的快慢不同。

7）剪板机带有材料自动输送堆垛装置的比普通的剪板机效率要高。

8）给剪板机配备的工位器具是否好用对剪切时间有影响。

9）剪切完的材料是放在工位器具上数列堆垛还是单排堆垛对转运次数有影响。

10）板料、剪切料、余料的转运方式及转运条件对剪切时间有影响。

11）剪板机的定位方法或定位点不同，对剪切方式有影响。如有的剪板机，前后各一个定位，有的在后侧设两个定位尺寸，剪切效率会大不一样。

12）外观件和内表件因对材料表面的清洁度、磕碰伤、划伤等要求较高，对剪切环境的维护要求也高，剪切效率较低。

13）厚板料较薄板料的剪切效率低。

14）硬度大的材料因比硬度低的材料难剪，剪切效率相对较低。

2. 剪切作业时间

剪切作业时间确定方法主要分为现场测量法、统计法和计算查表法。

现场测量法和统计法这里不再赘述。

计算查表法由于可以深入到剪切的各个环节，便于对影响剪切效率的每个因素做出分析并加以改善。

选择具有代表性的尺寸规格，按照表 10-10 ~ 表 10-13 做典型计算，并结合现场实际统计的用时情况，做出剪切工时标准表备查。对于同类剪切材料的工时可参照标准表，对于有差异的尺寸，依据最接近的剪切模式，将工时值作上下浮动即可。

对外观件和内表件的剪切，可根据实际情况再乘以一个系数，系数参考范围为 0.05 ~ 0.1。

图 10-2 所示为表 10-10 中“宽条料”的剪切方式，图 10-3 所示为表 10-10 中“窄条料”的部分剪切方式。

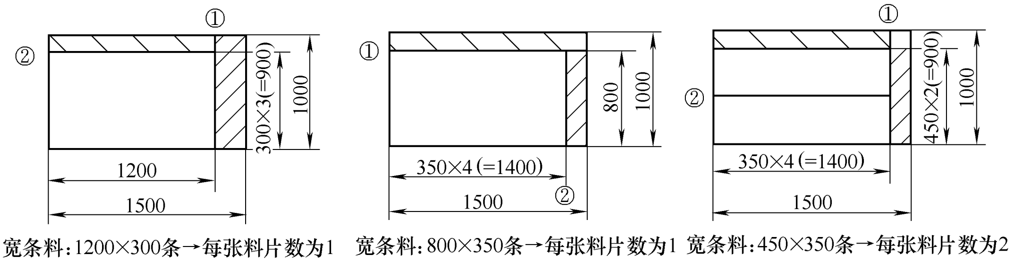
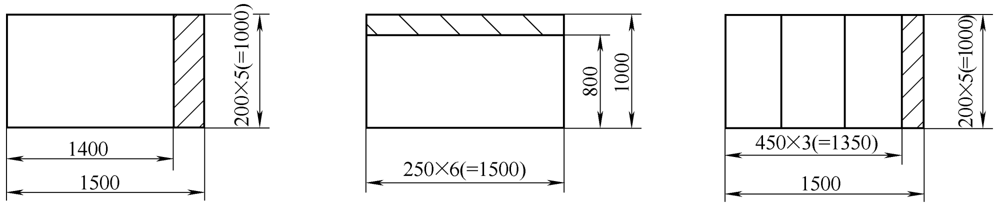


图 10-2　宽条料剪切方式



窄条料:1400×200条→每张料片数为1　　窄条料:800×250条→每张料片数为1　　窄条料:450×250条→每张料片数为3

图 10-3　窄条料剪切方式

表 10-10　剪切作业时间示例(以板料尺寸 0.8cm×100cm×150cm 为例)

项目	块状料规格/cm				宽条料规格/cm			窄条料规格/cm			
	120×90	60×60	120×30	35×35	120×30 条	80×35 条	45×35 条	140×20 条	80×25 条	45×20 条	25×8 条
	大块	中块 1	中块 2	小块	大宽条	中宽条	小宽条	大窄条	中窄条	小窄条 1	小窄条 2
每张料剪切刀次	2	1+2	1+3	2+2×4	1+1	2	1+2	1	1	3	5
每张料可剪片数	1	2	3	8	1	1	2	1	1	3	6
每片料可剪件数	1	1	1	1	3	4	4	5	6	5	12
每张料可剪件数	1	2	3	8	3	4	8	5	6	15	72
每分钟刀次	7	7	9	11	6	6	8	6	6	8	10
每件剪切时间(式)/min	7/2×1	7/3×2	9/4×3	11/10×8	6/2×3	6/2×4	8/3×8	6/1×5	6/1×6	8/3×15	10/5×72
每件剪切时间(值)/min	3.5	4.67	6.75	8.8	9	12	21	30	36	40	144
每件剪切时间/min	0.286	0.214	0.148	0.114	0.111	0.083	0.048	0.033	0.028	0.025	0.007
剪切人数	3	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2

注：1. 每张料剪切刀次中“2+2×4”表示板料纵向要剪 2 刀，每片横向再剪 4 刀，2 片共剪 2×4，总剪切刀次为纵 2+横 2×4，即“2+2×4”。

2. 每张料可剪件数=每张料可剪片数×每片料可剪件数。

3. “每件剪切时间(式)”表示“每件剪切时间”的计算式，即每件剪切时间(式)=每分钟刀次÷每张料剪切刀次×每张料可剪件数，其计算值为“每件剪切时间(值)”。

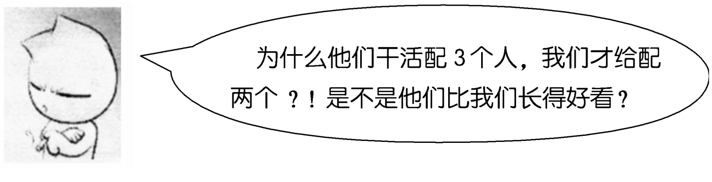


表 10-11　剪切辅助时间示例(与表 10-10 对应,堆垛高度 32cm 为例)

项目	块状料规格/cm				宽条料规格/cm			窄条料规格/cm			
	120×90	60×60	120×30	35×35	120×30 条	80×35 条	45×35 条	140×20 条	80×25 条	45×20 条	25×8 条
	大块	中块 1	中块 2	小块	大宽条	中宽条	小宽条	大窄条	中窄条	小窄条 1	小窄条 2
每架剪料排列数	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
每次转运片数	213	213	213	427	213	213	213	213	213	213	427
每片可剪件数	1	1	1	1	3	4	4	5	6	7	18
每次转运件数	213	213	213	427	853	853	853	1067	1280	1493	7686
每批生产量/件	2000	3000	3000	4500	3000	3000	4500	3000	3000	4500	4500
剪料实际转运次数	9	14	14	11	4	4	5	3	2	3	1
每次转运时间/min	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
每批剪料转运时间/min	22.5	35	35	27.5	10	10	12.5	7.5	5	7.5	2.5
每次剪切时间/min	0.011	0.012	0.012	0.006	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001

注：1. 表中仅列举了简单剪切方式的剪切转运时间。对于较复杂的剪切，如一张料需 3 次以上的剪板机定尺，即材料第一次剪切完后要再重新上架进行二次以上再剪切的情况，剪料转运次数要根据实际情况做修正。

2. 表中忽略了剪切余料的转运。若采用套裁剪切方式(几种零件共用同一块料)，即余料尺寸较大，转运次数较多时，可增加余料转运时间，此时“每件剪切辅助时间”等于“每件剪料转运时间”与“每件剪切余料转运时间”之和。

3. 表中辅助时间计算公式为：

每次转运片数 = 规定堆垛高度 ÷ 材料料厚 × 每架剪料排列数。

每次转运件数 = 每次转运片数 × 每片料可剪件数(见表 10-10)。

剪料实际转运次数 = 每批生产量 ÷ 每次转运件数，四舍五入取整。

每批剪料转运时间 = 每次转运时间 × 剪料实际转运次数。

每件剪料转运时间 = 每批剪料转运时间 ÷ 每批生产量。

表 10-12　剪切准备时间和结束时间示例

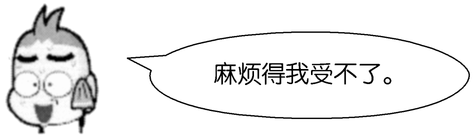
(以板料尺寸 0.15cm×100cm×150cm,每包料重 3500kg 为例)

项目	块状料规格/cm				宽条料规格/cm			窄条料规格/cm			
	120×90	60×60	120×30	35×35	120×35	80×35	45×35	140×20	80×25	45×20	25×8
	大块	中块 1	中块 2	小块	大宽条	中宽条	小宽条	大窄条	中窄条	小窄条 1	小窄条 2
一生产批料重/kg	25434	12717	12717	6491	14837	9891	8346	9891	7065	4769	1060
每批开包次数	7	4	4	2	4	3	2	3	2	1	0.3

（续）

项目	块状料规格/cm				宽条料规格/cm			窄条料规格/cm			
	120 ×90	60 ×60	120 ×30	35 ×35	120 ×35	80 ×35	45 ×35	140 ×20	80 ×25	45 ×20	25 ×8
	大块	中块 1	中块 2	小块	大宽条	中宽条	小宽条	大窄条	中窄条	小窄条 1	小窄条 2
每批料上下架时间/min	3 ×7	3 ×4	3 ×4	3 ×2	3 ×4	3 ×3	3 ×2	3 ×3	3 ×2	3 ×1	×3
平均每次开包时间/min	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
总计开包时间/min	28	16	16	8	16	12	8	12	8	4	4
定尺次数	1 +1	1 +1	1 +2	1 +1	1 +1	1 +1	1 +1	1 +1	1 +1	1 +1	1 +1
每次定尺及检验时间/min	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5	3. 5
总计定尺时间/min	7	7	10. 5	7	7	7	7	7	7	7	7
每批总计时间/min	56	35	38. 5	21	35	28	21	28	21	14	14
每件准结时间/min	0. 028	0. 012	0. 013	0. 005	0. 012	0. 009	0. 005	0. 009	0. 007	0. 003	0. 003

注：1. 一生产批料重 = 单件材料重 × 每批生产量（表 10-10）。
2. 每批开包次数 = 一生产批料重 × 每包料重，四舍五入取整。
3. 总计开包时间 = 每批开包次数 × 平均每次开包时间。
4. 定尺次数考虑了剪切方便，如 50 ×45 的料，在 100cm 方向剪一刀，在 150cm 方向前定位剪两刀，后定位剪一刀。
5. 总计定尺时间 = 定尺次数 × 每次定尺及检验时间。
6. 如果开包为 0. 3 包，因为要拆外包装，仍然按开 1 包计。
7. 每批总计时间 = 每批料上下架时间 + 总计开包时间 + 总计定尺时间。
8. 每件准结时间 = 每批总计时间 ÷ 每批生产量。



10. 5. 3　剪切工时定额

剪切时间定额（分/件）= 剪切作业时间（分/件）+ 剪切辅助时间（分/件）+ 剪切准结时间（分/件）

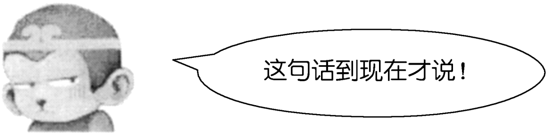
剪切工时（人 · 分/件）= 剪切人数（人）× 剪切时间定额（分/件）

表 10-13　剪切工时定额表

项　目	块状料规格/cm				宽条料规格/cm			窄条料规格/cm			
	120×90	60×60	120×30	35×35	120×35	80×35	45×35	140×20	80×25	45×20	25×8
	大块	中块 1	中块 2	小块	大宽条	中宽条	小宽条	大窄条	中窄条	小窄条 1	小窄条 2
每件剪切时间/min	0.286	0.214	0.148	0.091	0.111	0.042	0.048	0.033	0.028	0.025	0.007
每件辅助时间/min	0.011	0.012	0.012	0.006	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001
每件准结时间/min	0.028	0.012	0.013	0.005	0.012	0.009	0.005	0.009	0.007	0.003	0.003
剪切时间定额	0.325	0.238	0.173	0.102	0.126	0.054	0.056	0.045	0.037	0.03	0.011
剪切人数/人	3	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2
剪切工时（人·分/件）	0.975	0.714	0.519	0.306	0.378	0.162	0.168	0.135	0.111	0.09	0.033

因为有的剪板机带自动送料和堆垛装置，有的需手工对材料进行整理，如果剪板机的规格较多，就要针对不同的剪板机制订不同的剪切工时表。

10.5.4　剪切工时如何应用

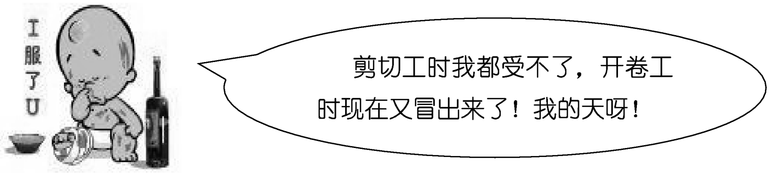


剪切工时除了对作业人员作剪切时间的限定，还可以预测一生产批的剪切工作量和剪切预计完成的时间。具体算法可参照本章专文。

思　　考

1. 什么是剪切时间定额？
2. 什么是剪切工时？
3. 剪切工时如何计算？
4. 剪切辅助工时包括哪几项内容？
5. 剪切准备时间和结束时间包括哪几项内容？

10.6　开卷线工时定额如何确定



10.6.1　开卷线工时定额组成

开卷线工时定额组成与冲压、剪切工时一样，都分为三类：

① 作业时间定额。

② 准备和结束时间定额。

③ 休息时间。

作业时间分为开卷材料的基本时间和转运开卷料的辅助时间。

准备和结束时间是分解各项准备和结束动作，制订出各项动作的时间定额。

开卷分为横切和纵切，这里是指应用广泛的横切。

10.6.2　作业时间

1. 基本时间

指开卷线开卷一定件数所需要的时间，或理解为开卷一张料所需要的时间。

不同的开卷线，基本工艺参数不同，基本时间会有很大差异。

影响开卷速度的设备工艺参数有：

① 开卷机的线速度。

② 校平机的速度。

③ 送料辊的速度。

④ 剪板机的剪切速度。

⑤ 各部件之间的协调动作。

⑥ 堆垛装备。

⑦ 开卷线操作系统。

⑧ 开卷料的长度尺寸等。

表 10-14 是以某型号开卷线对开卷刀次状态的示例。

表 10-14　开卷基本时间示例(设卷料为 1.5×1000×C,每卷重量 9000kg)

开卷长度/mm	60	150	300	300	500	800	1000	1500	2000	3000	4000
每分钟剪切片数	31	29	27	27	23	21.5	18	15	13	10	8
每片含零件数	10	5	5	1	2	2	1	1	1	1	1
每分钟开卷件数	310	145	135	27	46	43	18	15	13	10	8
每件耗时/min	0.003	0.007	0.007	0.037	0.022	0.023	0.056	0.067	0.077	0.1	0.125
开卷人数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3 人开卷×分/件	0.01	0.021	0.022	0.111	0.066	0.069	0.168	0.201	0.231	0.3	0.375

注：3 人开卷×分/件表示开卷线需 3 人操作时，每件需花费的时间(min)。

2. 辅助时间

是指开卷材料堆垛达到一定高度时，需要花费的转运时间。料厚 1.5mm，堆垛高度 350mm，即 233 片/叠的开卷料转运次数计算示例见表 10-15。

表 10-15　开卷辅助时间示例(与表 10-14 的基础数据同)

开卷长度/mm	60	150	300	300	500	800	1000	1500	2000	3000	4000
刀次(片)/min	31	29	27	27	23	21.5	18	15	13	10	8
每批生产量/件	4500	4500	4500	3000	3000	2000	2000	2000	2000	1000	1000
每叠料件数	2333	1165	1165	233	466	466	233	233	233	233	233
每架叠数	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
每批堆垛架数	1	2	2	8	6	4	9	9	9	4	4
每次转运时间/min	2	2	2	2	2.5	3	3	3	4	4	5
每批转运时间/min	2	4	4	16	15	12	27	27	36	16	20
每件转运时间/min	0	0	0	0.005	0.005	0.006	0.014	0.014	0.018	0.016	0.020

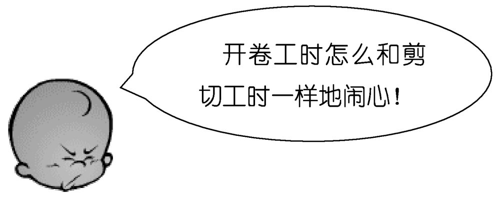
注：1. 设小于 300mm 宽的窄料直接落在料架上，可两列堆垛。
2. 设小于 600mm 宽的料在短料台上堆垛，大于或等于 600mm 宽的料在大料台堆垛，长短料台各一个。
3. 每批堆垛架数 =(每批生产量 ÷ 每叠料件数) ÷ 每架叠数，四舍五入取整。
4. 每批转运时间 = 每批堆垛架数 × 每次转运时间。
5. 每件转运时间 = 每批转运时间 ÷ 每批生产量。
6. 转运人数为 1 人。

10.6.3　准备和结束时间(见表 10-16)

表 10-16　开卷准备及结束时间示例(与表 10-14 的基础数据同,每卷重量 9000kg)

开卷长度/mm	60	150	300	300	500	800	1000	1500	2000	3000	4000
每件重量/kg	0.71	1.77	3.53	3.53	5.89	9.42	11.78	17.66	23.55	35.33	47.1
每批生产量/件	4500	4500	4500	3000	3000	2000	2000	2000	2000	1000	1000
每批料重量/kg	3179	7948	15896	10598	17663	18840	23550	35325	47100	35325	47100
每批需开卷数量/个	1	1	2	1	2	2	3	4	5	4	5
每次上机及检验时间/min	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
总计上机时间/min	5	5	10	5	10	10	15	20	25	20	25
每次卷料收回时间/min	10	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
每批合计准备时间/min	15	5	20	5	10	10	25	20	25	20	25
每件准备时间/min	0.003	0.001	0.004	0.002	0.003	0.005	0.013	0.010	0.013	0.02	0.025
3 人每件准备时间/min	0.009	0.003	0.012	0.006	0.009	0.015	0.039	0.030	0.039	0.06	0.075

注：1. 每批需开卷数量 = 每批料重量 ÷ 每卷重量，当计算值大于卷重 30% 或小于卷重 30% 以内，按一卷计算(相应调整生产件数)，其余计算值的卷料要回卷存放，下批再用。
2. “卷料收回” 是示意值，实际计算要看每生产批工件的开卷材料重，如果总重小于卷重达预产量的 1/4 或 1/5 (根据厂家自身情况定)，剩下的卷料可再开卷其他规格料，或卷料收回，包好备用。本表按没开完卷料回卷算，实际可按常用开卷状态计算。
3. 总计上机时间 = 每批需开卷数量/批 + 每次上机及检验时间。
4. 每件准备时间 = 每批合计准备时间 ÷ 每批生产量。
5. 3 人每件准备时间 = 每件准备时间 ×3 人。
6. 为了开完卷料，减少回卷而增加的转运时间未计。



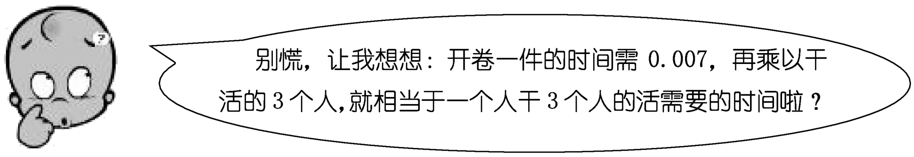
10.6.4　开卷线工时(见表 10-17)

综合表 10-14 ~ 表 10-16，合计出表 10-17 的单人生产单件所需要的时间。

表 10-17　开卷线工时定额示例(与表 10-14 的基础数据同)

开卷宽度/mm	60	150	300	300	500	800	1000	1500	2000	3000	4000
3 人开卷 × 分/件	0.01	0.021	0.022	0.111	0.066	0.069	0.168	0.201	0.231	0.3	0.375
每件转运时间/min	0	0	0	0.005	0.005	0.006	0.014	0.014	0.018	0.016	0.020
3 人每件准备时间	0.009	0.003	0.012	0.006	0.009	0.015	0.039	0.030	0.039	0.06	0.075
合计/(人・分/件)	0.019	0.024	0.034	0.122	0.08	0.091	0.219	0.244	0.287	0.376	0.47
$(1+K_{休})$	1.043	1.043	1.043	1.043	1.043	1.043	1.043	1.043	1.043	1.043	1.043
开卷线工时定额(人・分/件)	0.020	0.025	0.035	0.127	0.083	0.095	0.228	0.254	0.299	0.392	0.490

注：1. $K_{休}=20/(480-20)=0.043$。
2. 合计 = 3 人开卷 × 分/件 + 3 人每件准备时间。
3. 开卷线工时定额 = 合计 × $(1+K_{休})$。



思　　考

1. 开卷线工时定额由哪几部分组成？
2. 休息时间是否应含在工时定额里？
3. 工时定额的单位是什么？

10.7　工时定额怎样应用

1. 冲压工时定额的应用

冲压工时定额可以计算什么项目？在生产上有什么应用？

下面以汽车行业的冲压生产为例来说明冲压工时定额的应用：

1）由每个零件的冲压工时定额计算出每辆车的冲压工时定额。

2）财务部门用每个零件的工时来分摊冲压成本。

3）由每辆车的工时定额可以计算生产每辆车的冲压件所需的冲压人数(参见有关专文)。

4）用工时定额可以预算冲压生产计划对冲压设备的负荷的影响。

5）由工时定额可以预算冲压生产完成期。

6）考核每个冲压操作工的生产率。

7）考核每个班组的冲压生产率。

下面主要介绍第④和第⑤条的预算。

2. 由工时定额预算冲压计划对冲压设备的利用率

例如，条件设定如下：

1）已知某月冲压生产计划。

2）已知工作时间为两班制，月工作时间为 251 天/12 月 ×16h/天，即 335h，设备利用率 =85%，$K_{休}=0.043$，则实际每月冲压时间为 335×85% ÷(1+0.043)h，即 273h。

冲压设备负荷计算见表 10-18。

表 10-18　冲压设备负荷计算

冲压工序	工序工时/(人·分/件)	生产批量/件	设备生产负荷时间/h			
			J39—800	E4S630—1	E4S630—2	E4S630—3
1/4—拉深	0.79	2000	26.333			
2/4—切边	0.79	2000		26.333		
3/4—冲孔	0.79	2000			26.333	
4/4—整形	0.79	2000				26.333
1/3—落料	0.703	3000		35.15		
2/3—拉深	0.54	3000			27	
3/3—切边	0.741	3000				37.05
…	…	…	…	…	…	…
合计/h			305	295	270	243

注：工序工时含 $T_{准}$。

由表 10-18 可见，月生产的设备负荷是不平衡的，生产中需要灵活调配使用设备，如果遇到设备、模具发生状况较多，还可能要加班加点。

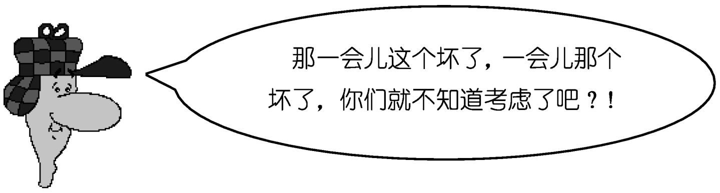
3. 由工时定额预算冲压生产完成期(见表 10-19)

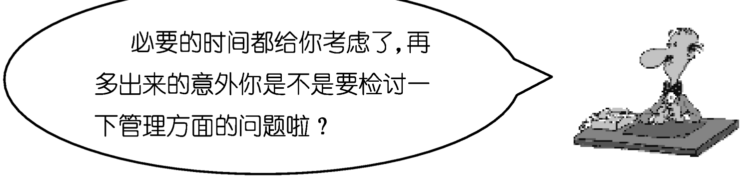
表 10-19　冲压生产完成期预测(非连线生产)

项　　目	J39—800	E4S630—1	E4S630—2	E4S630—3	结论
每月设备生产负荷工时(含 $T_{准}$)/h	365	320	296	243	单班生产不能完成生产任务
$1+K_{休}$(每班休息 2×10min)	1.043	1.043	1.043	1.043	
预计生产完成天数(单班)	54.72	47.98	44.383	36.4	
调整后生产天数(2.5 个班)	21.9	19.2	17.8	14.6	除 J39—800 负荷略超，需微调相应设备外，其余设备可满足生产要求

注：1. 预计生产完成天数(单班) = 每月设备生产负荷工时 ÷8×$(1+K_{休})$×1.15(设备利用率损耗)。

2. 此表只是提供一个预测参考范围，实际上生产率是波动的，尤其是设备利用率损耗，而且计算要建立在工时定额有较高的准确率基础之上。





10.8　冲压车间如何定员

冲压车间的人员一般分为三类：

1）冲压生产人员：即直接参与冲压生产的人员，一般指冲压操作工。

剪切人员、开卷线人员也可列入生产人员，但要与冲压生产人员分开，分项计算。

2）冲压管理人员：车间主任、班长、统计员、技术员等。

3）冲压辅助人员：指不直接进行冲压生产，而是为冲压生产做基本生产服务的人员，如起重工、叉车工、返修人员、检验员等。

1. 冲压车间定员的依据

① 就规划而言是企业的生产规模内容，就当前生产而言是生产计划的完成要素之一。

② 合理的劳动工时定额。

③ 原有各类人员的定员水平。

④ 现有人员的素质状况。

⑤ 企业的地理条件。

其中①和②两条为主要计算和考虑的因素。

2. 冲压生产人员定员方法

1）按劳动效率(或劳动定额)定员：

$$\text{冲压定员人数}=\frac{\text{冲压生产任务或为完成生产任务所需要的总劳动量}}{\text{工人的劳动效率}\times\text{设备开动率}}\div\text{出勤率}$$

劳动量：汽车产量×辆份工时定额。

劳动效率：一个生产工人应完成的工时定额，即出勤工时。

劳动效率和出勤率可按实际平均水平的中等偏上确定。

设备开动率：设备有效开机时间与正常出勤时间之比。

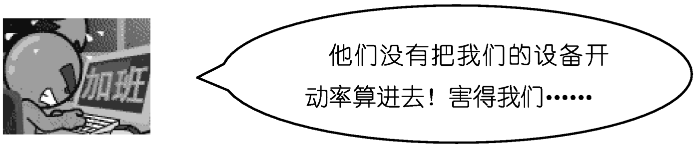
注意：劳动定额的表现形式有工时定额(工时)和产量定额(产量)两种，计算时要单位一致，生产任务的时间单位也要一致。

2）按设备定员：根据设备的开动台数和设备的定员标准来确定人数。

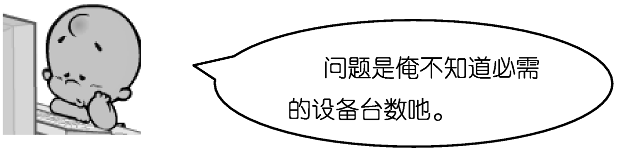
由于设备的型号和规格不同，生产的零件类型不同，每台设备的定员人数以及同台设备

的定员人数也有变化。

$$\text{冲压定员人数}=\frac{\text{完成生产任务所必需的设备台数}\times\text{每台设备每天开动的班次}\times\text{每台设备的平均用人数}}{\text{出勤率}\times\text{设备开动率}}$$



如果设备差别较大，也可将设备定员分类计算，最后再相加。



对上式中“完成生产任务所必需的设备台数”在不打算再购新设备的情况下，也可理解为目前现有的设备台数。

3）按比例定员：按照与冲压生产人员总数的比例来计算某种人员的定员数，一般冲压辅助人员中的返修人员等适合这类定员。

4）按工时定额定员。下面以汽车行业为例来说明如何按照冲压工时定额定员。

已知条件：

① 每辆车的冲压工时是5h · 人/辆。

② 年生产纲领是6万。

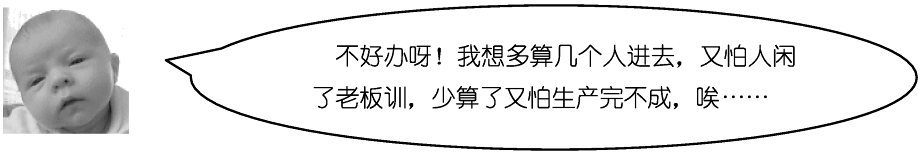
③ 两班制。

年时基数：在规定的工作制度下，工人或工艺设备一年中的工作小时数。

冲压的年时基数为3692h。

$$\text{冲压所需生产人员}=\text{工时/辆}\times\text{生产纲领}\div\text{年时基数}$$

若细分，可分为冲压生产人员、剪切生产人员等，计算时，工时/辆采取相应的冲压或剪切工时即可。



3. 冲压管理人员的定员方法（见表10-20）。

表10-20　冲压车间如何定员

人员类别	定员法	人员类别	定员法
车间主任、副主任	上级确定	统计人员	按岗位定员
生产调度	根据生产线和生产量确定	杂务人员	按岗位定员（可兼职）
技术员	根据生产线和生产量确定	其他人员	灵活掌握

4. 冲压辅助人员的定员方法(见表 10-21)

表 10-21　冲压车间辅助人员如何定员

人员类别	定员法
生产线班长	按岗位定员
冲压检验人员	按比例定员或按岗位定员
桥式起重机操作员、起重工	按岗位定员
冲压件返修人员	按比例定员
冲压件清点入库人员	按岗位定员
冲压件防锈人员	按岗位定员
生产周转辅助人员，即协助减少冲压辅助时间的人员	按岗位定员
设备、模具现场维修人员	按比例定员
卫生保洁人员	按岗位定员

以上人员视具体情况配备，某些岗位也可兼职，如有的企业生产线班长兼做起重工的工作。

思　考

1. 某汽车厂，单辆份工时为5.4，计划月产量5000 台，设备开动率为82%，需要多少冲压操作工？

2. 冲压辅助人员最少为多少？

10.9　如何计算冲压连线生产的效率

冲压生产有三种方式：

1）独立生产(非连线生产)：小型设备及中大型设备的各道工序分别独立生产，互不联系。这种方式适用于生产中模具或设备出现问题几率较高的情况。

2）普通连线生产：使用一组普通冲压设备，采用手工操作，利用皮带运输机等连接装置将相邻设备生产的同一零件的不同工序衔接起来，同时流水生产。

这种方式适用于产量较小，资金投入较小的情况。

3）自动化连线生产：使用一组自动化冲压设备，通过机械手或机器人操作，利用各类自动化转运装置，将同一零件的不同工序在同一时间进行连续生产。

独立生产和普通连续生产的共同条件是：

① 冲压同一零件，4 道工序依次为：

1/4——拉深

2/4——切边、冲孔

3/4——整形、冲孔

4/4——翻边

② 使用同样的设备冲压，除第 1 序拉深设备为双工作台，其余都为单工作台。

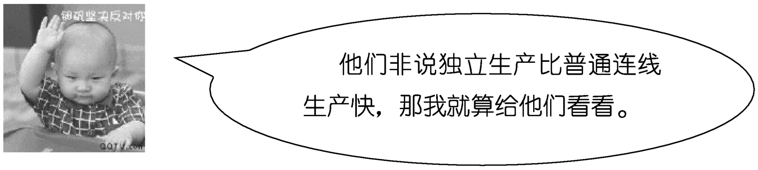
③ 有废料输送装置。

④ 生产批量/次：2000 件

⑤ 每次材料、冲压件转运及更换工位器具的时间平均为 2min。

⑥ 材料每 300 件转运一次，冲压件 50 件转运一次。

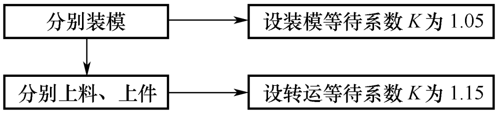
本文主要介绍独立生产和普通连续生产，并对各种条件下的生产率作一比较。



10.9.1　独立生产

同一零件的各道工序没有采用连线流水作业，即哪台设备有空，模具就安装在哪台设备上。

设：装模等待系数 K 为 1.05，每次转运时间为 2min（根据各自实际情况确定）。



生产模式如图 10-4 所示。

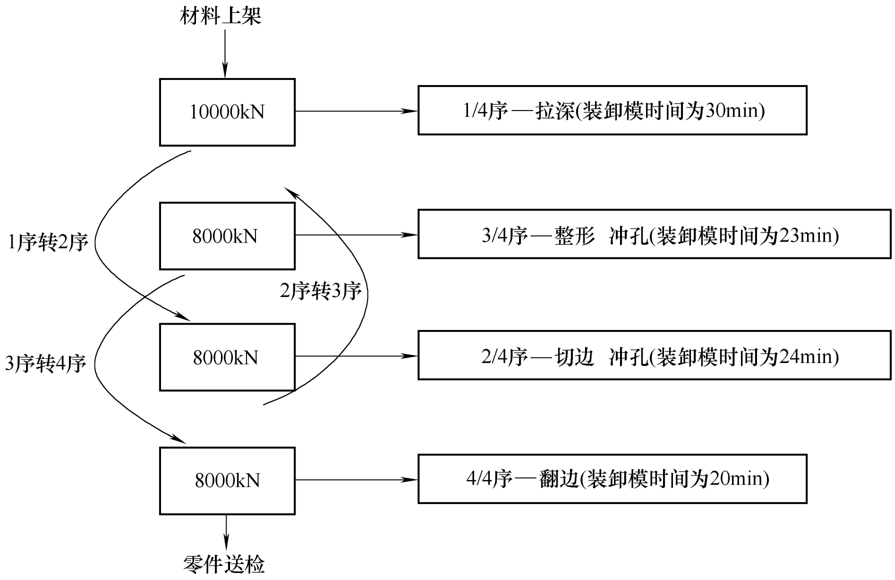


图 10-4　非连续生产示例

非连续生产冲压辅助时间消耗见表 10-22。

表 10-22　非连续生产冲压辅助时间消耗

工序	装卸模时间 ×K /min	转运次数(每 2000 件)/次		转运时间/min		总消耗时间 (每 2000 件)/min
		材料	冲压件进出料	材料	冲压件	
1/4—拉深	30 ×1.05 =31.5	2000/300 =7	2000/50 =40	7 ×2 =14	40 ×2 =80	125.5/2000 =0.063
2/4—切边、冲孔	24 ×1.05 =25.2		40 ×2		160	0.093
3/4—整形、冲孔	23 ×1.05 =24.2		40 ×2		160	0.092
4/4—翻边	20 ×1.05 =21		40 ×2		160	0.091
小计/min	101.9			14	560	
总计/min	676					每件 0.34

上表的计算是从第 1 序到第 4 序的情况。如果第 1 序和其他三序的生产节奏不一样，无法连线生产，那么仅按 2 ~4 序计算：

转运总时间为 160 ×3min =480min，总计生产一件耗时 480min/2000 件 =0.24min

10.9.2　普通连线生产

条件：装模等待系数 K 为 1.5(根据实际情况确定)。

生产流程如图 10-5 所示。

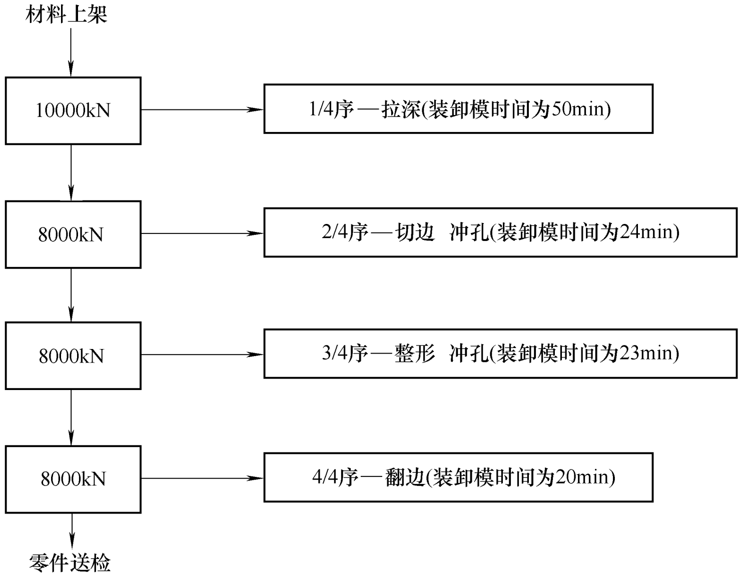


图 10-5　普通连线生产流程图

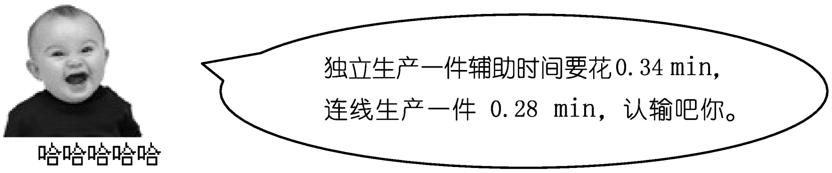
普通连线生产冲压辅助时间消耗见表 10-23。

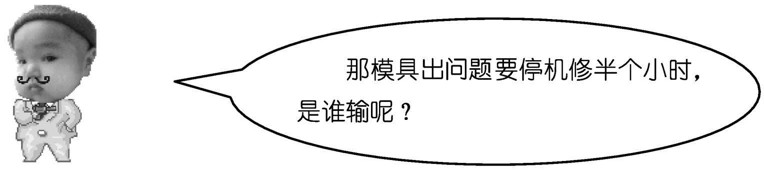
表 10-23　普通连线生产冲压辅助时间消耗

工序	装卸模时间 ×K /min	转运次数(每 2000 件)/次		转运时间/min		总消耗时间 (每 2000 件)/min
		材料	冲压件	材料	冲压件	
1/4—拉深	30 ×1.5 =45	2000/300 =7		7 ×2 =14	40 ×2	139/2000 =0.07
2/4—切边、冲孔	45			14	80	0.07

（续）

工序	装卸模时间×K /min	转运次数(每2000件)/次		转运时间/min		总消耗时间(每2000件)/min
		材料	冲压件	材料	冲压件	
3/4—整形、冲孔	45			14	80	0.07
4/4—翻边	45		2000/50=40	14	80	0.07
小计/min	180			56	320	
总计/min	556					0.28





10.9.3 自动化连线生产

与普通连线生产的方式一样，关键看自动生产线首的自动化程度和自动生产线尾的检验、收件的顺畅性。如果自动生产线首更换坯料可以实现连续送料、取料，自动生产线尾收件衔接的好，生产中间过程又没有其他异常情况发生，就不会出现或仅有短暂的整条自动生产线停顿，生产率会得到很大的提高。

思　　考

1. 如果普通连线生产整条生产线经常非正常停机，是否有可能比独立生产的效率低了？

2. 如果第一序拉深的节拍较后面工序慢，怎么办？

10.10 减少冲压工时定额有什么措施

1. 冲压工时定额的内容分解(以手工操作为例)

1）生产准备：开机，清理工作场地和工作台面，作相关的文字记录。

2）装模：

① 将工作台开出，(装托杆)，等待起重工将模具吊上工作台并对正。

② 将工作台开进，装托杆的模具要升起液压垫，试托杆的安装位置是否正确。

3）调整设备到装模位置，用合适的安装用具锁紧模具。

4）擦拭模具(已清洗的模具可免)，并预调整压力。

5）调试冲压件到合格状态。

6）将零件架、材料台(把材料位置升高的台子)、材料或冲压半成品、皮带机等放在操作位置。

7）冲压操作(需等整条线模具安装调试完毕后)：

① 进料：冲压工将毛坯料或半成品从零件架或皮带输送机上拿下，放进模具内。

② 出料：冲压工将压制完的制件从模具内取出，放在零件架或通往后序设备的皮带输送机上。

要注意的是，进出料时需对材料及工件作质量观察及检验。

8）生产中转运冲压材料、冲压半成品、冲压成品。

9）生产中清理废料。

10）生产中对工件进行质量抽检。

11）生产中外观件、内表件产生坑包需对模具进行擦拭。

12）结束冲压，作质量终检。

13）清理检查模具。

14）作情况记录。

15）卸模，清理工作台开出方向的区域，工作台开出等待吊换模具。

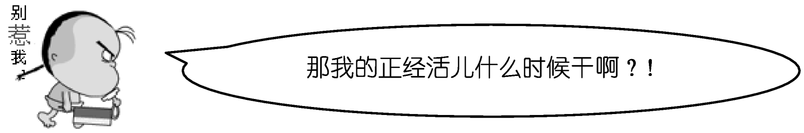
16）额外情况：

① 模具有问题，找模具修理工修理。

② 设备有问题，找设备维修工修理。

③ 材料有问题，找相关人员处理。

④ 工件质量有问题，反复调试找原因。



2. 工时定额改善措施(见表 10-24)

表 10-24　工时定额改善措施示例

类别	项 目 内 容	改 善 措 施	备注
生产准备	开机、清理场地和设备等	不要一项完了再干另一项，可交叉进行	
装模	工作台开出，模具吊上台	同时将锁模用品准备好，在工作台一开进设备滑块区域，下模就可安装螺栓并紧固	仅限侧移工作台
			配备自动夹模器除外
	试托杆安放位置	将材料或待冲件在锁模后立即陆续准备完毕	不要在锁模后出现等待
	设备闭合高度调节		
	若模具脏，要先擦拭模具	每次冲压完毕后在机下作保养，尤其是大型外观件、内表件的拉深模和成形模	减少设备的占用时间
首检	检验员首检	提前准备好出料用工位器具	充分利用检查空当

（续）

类别	项 目 内 容	改 善 措 施	备注
质量	工件质量有波动	找出主要问题，分析改善	
	材料脏	订货、采购运输及剪切过程要避免污染模具及产生工件缺陷	
冲压生产	冲压频次增加	模具进出料、定位要方便	
		操作工的冲压动作要少	可以坐着就不要站着
		操作工的作业环境要好	
转运	转运材料、成品及半成品	运输人员在每架快满时就要开始作准备	不要因运输不及时造成停机
		在转运的同时清理废料，精检工件	
卸模	卸模、清理	前后移动的工作台及时用手动叉车清障，同时待装模具做好准备	避免等桥式起重机和转运
	各项记录	在等待转运的空当进行	
人员	冲压人员安排	若增加人员没有带来显著的效率改善及劳动强度的降低，就不要增加，除非生产急迫	
非正常	模具、设备易出现问题	对模具、设备要作预检修，对易损件定期更换，尤其是连线生产对此要求更高	

俺们是高级的自动化连线生产，没有那么多的啰嗦事！

思　　考

1. 考虑停机等待的原因是什么？如何改善？
2. 大覆盖件首检时间较长，根据自身情况怎样合理利用时间？

第 11 章 自动化冲压生产线

11.1 冲压生产如何实现自动化

传统冲压生产多采用手工操作，生产率低，劳动强度大，操作人员多，生产安全性差，生产和半成品储备占用面积大，冲压过程和冲压件质量易受人为因素的影响，难以满足现代冲压生产高速发展的需要。

自动化冲压生产线可实现冲压生产过程的高速化、自动化和柔性化，是大批量、多品种、高质量现代化冲压生产的首选。

11.1.1 自动化冲压生产线的构成

自动化冲压生产线是由主机和周边设备组成，如图 11-1 所示。

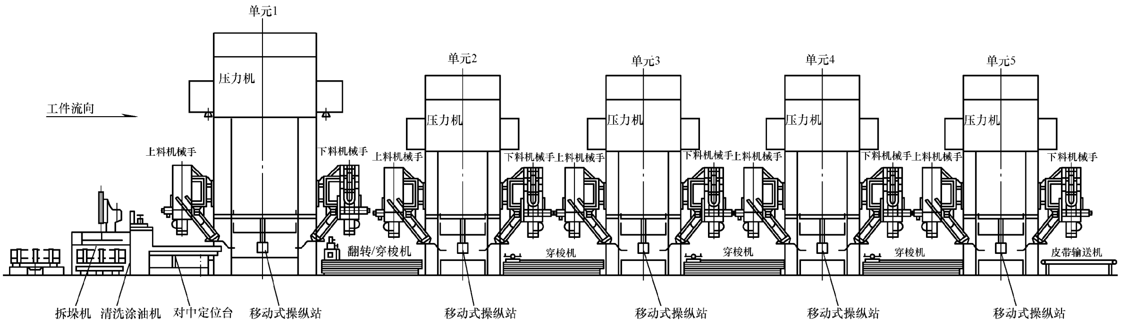


图 11-1 自动化冲压生产线典型示意图

主机：完成冲压工序加工的各类压力机和必要的其他加工机床。

周边设备：完成自动化生产辅助工作所需要的各种自动化装置、检测装置、控制系统等，如拆垛送料装置、清洗涂油机、对中上料机、上下料机器人或机械手（见图 11-2）、穿梭机、电气控制系统、尾端设备和皮带传输机等。该类自动化冲压生产线多采用串联式车间布置。

11.1.2 自动化冲压生产线主机的配套要求

1）要有自动化的数据线接口。

2）要求线上各机台的 PLC 尽量为同一品牌，以方便整线控制。

3）要有机械手的安装位置。

4）压力机的滑块行程次数要比普通压力机高，一般选用多连杆压力机，尤其是前端设备。

5）设备的工艺参数，即滑块的行程以及滑块和工作台的尺寸要与自动化冲压生产使用

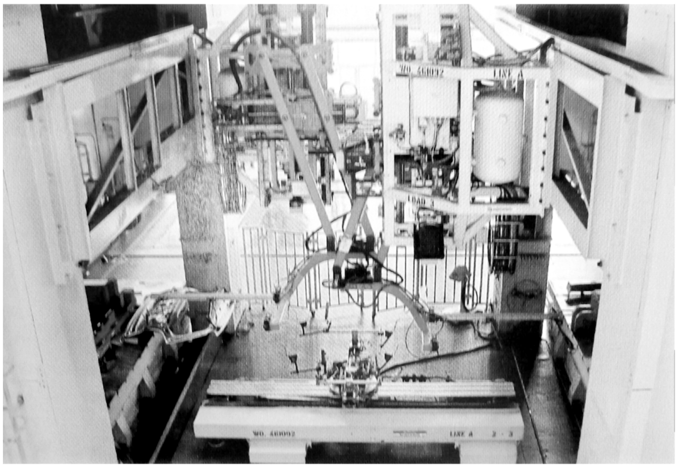


图 11-2　机械手在操作中示例

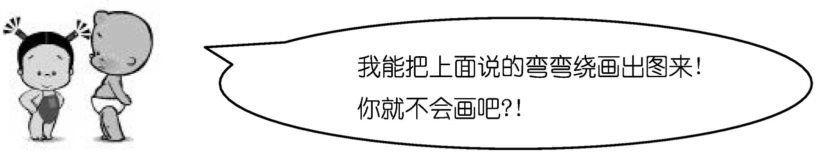
的模具配套，满足机械手端拾器的操作空间及操作时间范围：

滑块的行程 $H \geqslant$ 冲压件最大拉深深度 $a \times 2$ + 端拾器与冲压件间隙 d + 端拾器主体高度 b + 上下安全距离 c_1 和 c_2

例如：如果生产的冲压件最大拉深深度 a 为 250mm，端拾器主体高度 b 为 150mm，上下安全距离 c_1、c_2 及端拾器与冲压件的间隙 d 均取 50mm，则最小滑块行程 H_{min} 应该为

$$H_{min} = 2a + b + c_1 + c_2 + d = 800\text{mm}$$

如果模具结构中有比较复杂的斜楔机构，滑块行程应根据实际情况加大；如果采用同步技术，则滑块行程需进一步加大。以上述数据为例，采用同步技术时，滑块行程通常保证为 900 ~ 1000mm。



6）设备下面要配废料线，模具切下来的废料要从工作台两侧的废料口（见图 11-3）滑落到下面的废料输送带上。

7）设备串联安装，距离要比非自动化压力机短，以减小穿梭机的运输长度，加快生产节拍。为了保证下料机械手在完成取件后有足够的时间将工件送入下道工序，相邻两台压力机滑块运动过程中始终要保持合理的相位差，从而让上料机械手可以工作的周期相对加长。

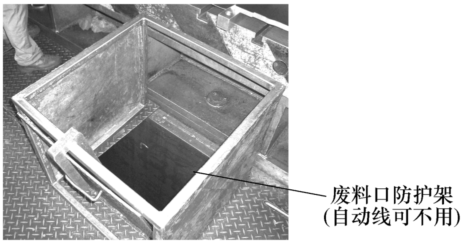


图 11-3　废料口

根据条件也可采用目前较先进的快速横杆式送料系统，但该系统要求设备的间距为 6 ~ 10m，设备的运行、维护、保养要求也高。如果采用冲压机器人，传送距离 6 ~ 7.5m 比较适宜。

8）要配备快速换模系统，以充分发挥自动化冲压生产线的功能。快速换模系统由以下单元组成：

① 触摸屏：里面储存与本台设备有关的模具号、装模高度、气垫压力等工艺信息，使用时只要输入或调出模具号，相关的设备工艺参数就可以实现自动调节。该装置由电气和液压系统控制。

② 模具识别及检测装置：在模具上设置模具识别器(ID-BOX 模具识别盒)，按 BCD 码的方式接线，通过工作台上的连接线，与设备的 PLC 串联。当执行换模操作时，在压力机触摸屏上调用下一副模具的模具号，模具识别器会自动将该模具号与压力机线外工作台上的模具号进行比较，如不一致则马上停止换模，避免出现误操作。另外，模具上同时设有工件及关键部位废料的检测装置，出现异常自动停机。

③ 模具快速夹紧装置：模具快速夹紧装置(见图 11-4)是一种利用高压油将模具与设备夹紧的装置，可实现模具安装和拆卸的自动化，即只需按动开关，夹模器就使模具从设备上自动松开。

④ 生产线每台设备要配置侧移式双工作台。把待生产的模具预先安放在备用工作台上，当生产完的模具一随工作台开出，备用工作台就可带下一副模具直接开入，再一按按钮，模具上下全部自动锁紧。

采用快速换模系统，整条生产线换模可由原来的 40min 以上减为 6min 左右。

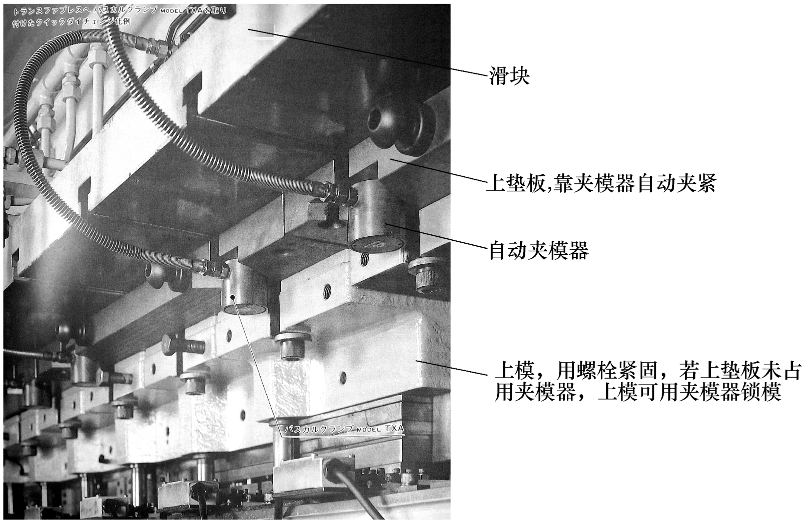


图 11-4　自动夹模器示例

生产线换模时的动作程序和换模时间的关系如图 11-5 所示。

整条自动化生产线的控制有一个主控制台，其中的上位器可采集各台设备的数据。

主控制台可以实现自动化生产线上各台设备换模统一动作或依次动作，可以实现整条生产线同时进入下一零件的生产状态。

目前福特公司还有一种生产线，工件的运输机构可以独立编程，不按统一的速度和节拍来传送零件，因此不受节拍最长的冲压模具限制。

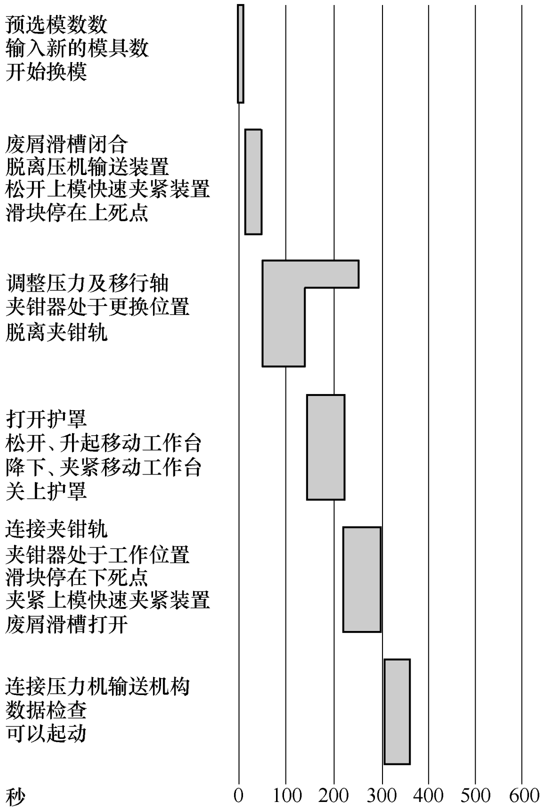
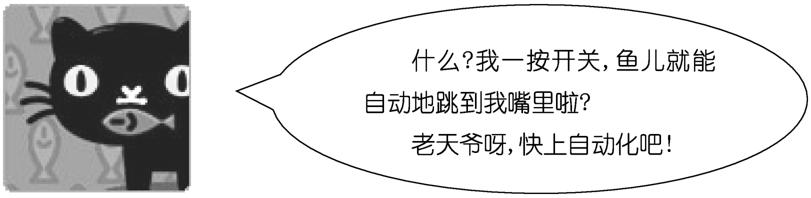


图 11-5　生产线换模时的动作程序和换模时间的关系



11.1.3　周边设备(见图 11-6)

1. 拆垛送料装置

按给定的生产节拍将板料从料垛上正确分离，并单片依次输送到第一台压力机上料装置的拾取工位。该装置通常由上料装置、液压顶升器、磁性分离器和双料检测器(防止一次输送双料，有消磁功能，能保护操作工的安全)、真空吸盘提升器、磁性皮带传送装置(防止材料滑动，保证材料对中，磁性皮带设计为双向运行，当两轴机械手拾取到双板件时，工控机将发送指令要求磁性皮带反向运行，将双板件送往双件回收料架)等组成。

拆垛机设置自动伸缩叉。当拆垛工位的垛料逐渐减少到 50mm 高时，自动伸缩叉伸出，承接升降接料机上的垛料，直到下一垛料升上来为止，并可一直保持拆垛生产状态，实现更换坯料时可以连续送料。

材料要求平整度高，堆垛边界整齐，否则会出现磁力分料效果差(易产生双料现象)，拆垛机械手抓取板料位置不够准确等问题。卸垛机码放到传送带上的毛坯定位公差在 3mm

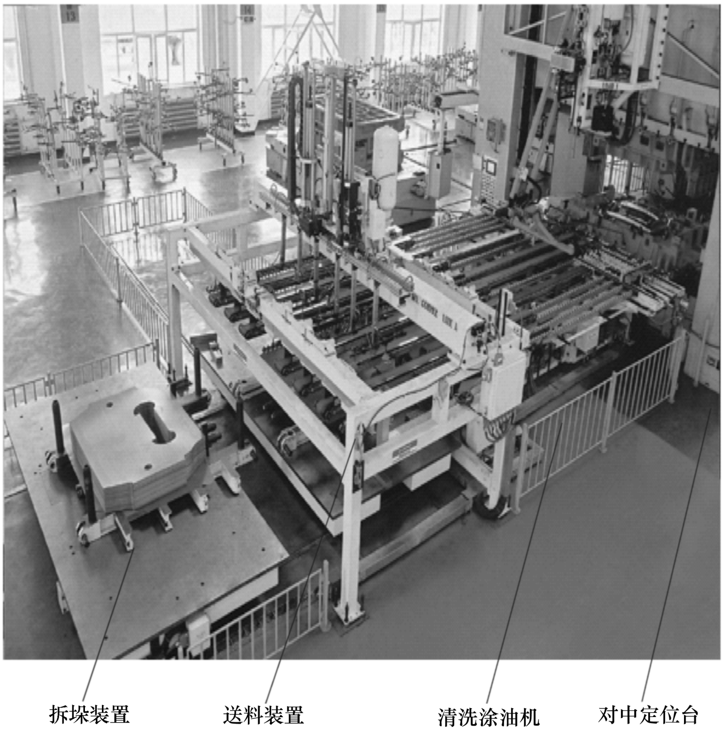


图 11-6　拆垛送料装置

之内。

生产过程中，当生产完一个垛料堆，磁力分离器上安装的接近开关检测到末料，系统工控机发送转移垛料堆生产指令，机械手就切换到另一垛料堆继续生产。在 *Y* 方向可以设置两个垛料小车，避免垛料切换造成停线，使生产的连续性得以保证，并且当某边垛料小车出现故障需要离线维修时，生产线可以使用另一垛料小车维持生产。

在板料小车定位检测方面，有传统的接近开关检测方式，还有激光测距仪，以保证垛料小车行进的精度和测距的稳定性。

2. 清洗涂油机

顾名思义就是对每片材料在进入模具之前去除材料表面杂质，并涂上一层防锈油或拉深油的装置。使用独立全自动化的清洗涂油机，每分钟可处理材料 30～40 件。

自动化生产线是连续作业，如果材料表面有杂质，就会带到模具里面，造成每个零件都产生坑包，并可能造成对模具的磨损，这对汽车外覆盖件尤其不允许。另外，需要给每片材料涂油，以满足零件防锈或提高材料冲压能力的要求。

在生产产品的内部零件时，将清洗机的清洗辊整体升起，通过皮带输送机将板料直接从拆垛机传送到对中台，免去了在线板件清洗的工序。该方法延长了清洗辊的寿命，同时减少了清洗油的使用和油雾的产生，节约了成本的同时还更加环保。

效果好的清洗涂油机价格很昂贵，对零件要求不是很高的生产线，可以配备一般的清洗涂油机或不配备该装置。

3. 对中上料机

为了保证机械手能够把材料放到模具的正确位置，要求输送过来的材料每次都要放在正确的位置上，对中上料机正是可以起到这样作用的装置。

板料对中可采用当今先进的光学摄像系统进行定位。用于扫描对中技术的光学摄像系统，其基本工作原理是将磁性皮带送来的板件进行扫描，取出影像，然后与预先保存的标准影像对比，得出位置差，工控机再根据位置差计算出板件所需移动的方向及移动量，然后由拥有 7 个伺服轴的对中台对板件的位置进行修正。

扫描对中要在机械手拾取板件前完成。

4. 穿梭机

在进出料机械手之间自动传送的装置。对前端为双动压力机的工件传输，常常还要将工件在穿梭机上翻转，再进入下一工位。传输距离越小，生产节拍越快。

5. 上下料机器人或机械手

用于抓取材料或工件，并将其运送到相应工位的装置。

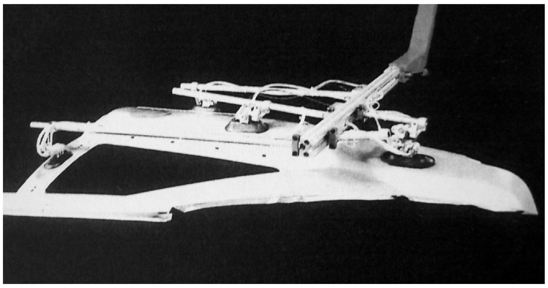
冲压生产线不但有很高的运动速度，还要求机械手(机器人)有很高的板材和工件运送定位精度。冲压生产线上质量优良的机械手，可以按照最大 8m/s 的速度运动。

为了对机械手的运动过程和动态性能进行调整及优化，需要在机器人的外部对机械手的运动时间及端拾器构件的尺寸及布局的控制程序进行编制、优化和动作模拟，以免冲压生产线上各零部件出现空间干涉或动作时间间隔大的情况，最后才将最终优化好的程序传送到冲压生产线中的各个机器人的控制系统中。

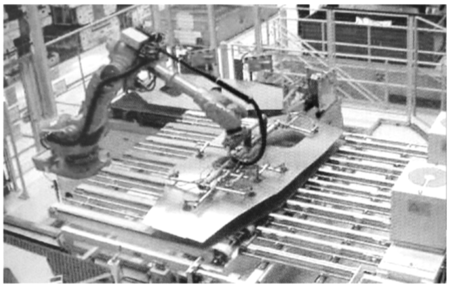
国内自动化冲压生产线常用的机械手系统一般由 ABB 或 ISI 公司提供。

6. 端拾器

不论是机器人还是机械手，都要在手部配上用来拾取和摆放工件的端拾器。端拾器的作用相当于机械手(机器人)的手部，用以抓取或吸取工件，如图 11-7 所示。



a)



b)

图 11-7　端拾器示例

a）机械手用端拾器　b）机器人用端拾器

端拾器一般采用特种铝合金材料制作，要求质量轻，刚性好，对工件的承载力大，吸附力强，以减少运动中频繁的加速或减速带来的颤动。端拾器的这种颤动是限制整条冲压生产线生产节拍的主要因素，采用伺服技术能使颤动现象得到进一步的改善。

端拾器配有电、气、机械的快换连接，以便快速更换端拾器。

带有中置并按工件形状排布的真空吸盘，针对不同的零件或不同的形状，其空间排布也

不一样。机械手可以配备专用的真空吸嘴，如 SAF 型(盘式)、SAB 型(波管式)、SAOB 型(椭圆形波管式)、SAOF 型(椭圆形盘式)和 SAOG 型(钟形,橡胶材料为 HS45)真空吸盘等类型。一组真空吸盘可以由不同种类的吸嘴组成。

7. 电气控制系统

对自动化生产线进行整条生产线操作和监控的装置。

自动化冲压生产线是一个由多环节、多设备组成的系统，生产线中各种设备的设定、调整、联锁、保护等控制系统非常复杂，若压力机、模具、物料、机械手本身、传输装置及气动系统等任何一个环节出现问题或不符合自动化生产的要求，都将直接影响整条生产线的顺利运行。通过 NC 数控监控系统可对冲压过程中的不正常因素进行检测(如定位不准、工件重叠、工件未顶出、材料变形等)，并作出合理的判断和处理。

图 11-8 所示为自动化生产线的控制系统，图 11-9 所示为自动化生产线的操作控制台。

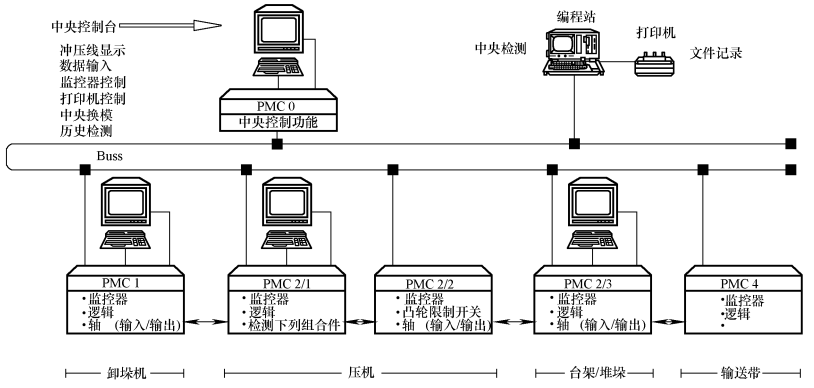


图 11-8　自动化生产线的控制系统示例

8. 尾端设备

将成品工件从最后一个工位取出并放置在输出皮带机上等待终检和装架(箱)的设备(见图 11-10)。在此工位上，工件终检一旦发现问题要及时通知停机。

图 11-9　自动化生产线操作控制台示例

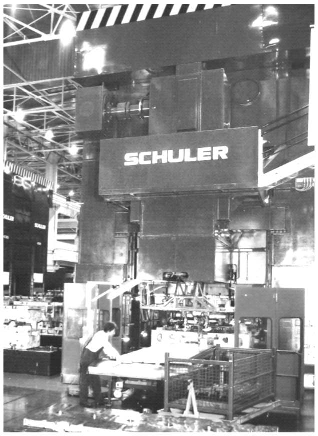


图 11-10　自动化生产线尾端设备

尾端设备可以采用双边皮带输送机出料的设计，以提高零件装架的速度，并大大减轻工人装架的劳动强度。皮带机的端头安装有光电传感器供检测零件，当零件来不及装架而运行至皮带端部时，光电传感器将做出反馈并使工控机发出单边皮带输送机停止的信号，避免零件掉落。

不同的冲压件，有着不同的工序要求，一些简单的零件只需三个工序即可完成，故此类零件只需运行三台压力机就可以完成冲压(多运行一台设备不仅浪费能源,而且会增加设备出现安全故障的风险)。自动化系统的设计只需在空运行工位放置转接工作台，就可以使三工序生产得以顺利实现而无需运行全部压力机，既节省能源，保证设备安全，又可提高效率和速度。

11.1.4　多工位压力机自动化生产线

多工位压力机有两种：一种是3轴多工位压力机，包括一个滑块，多个模位，即多个模位共用一个滑块；一种是数台压力机集合在一起，使送料间距尽可能短，并采用横杆(Crossbar)输送机构。这与我们前面所提到的自动化生产线本质是相同的，不过结构更加紧凑。图11-11所示为德国舒勒的数台压力机集合的实例，总压力为52000kN，送料间距为2000mm。图11-12所示为3轴多工位压力机生产线，采用连杆传动，公称压力15000kN，7个模位，送料行程750mm。

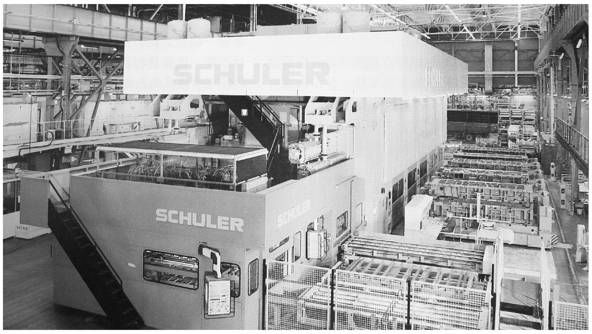


图11-11　多工位生产线

图11-12　3轴多工位生产线

标准的多工位自动化生产线包括拆垛单元、上料装置、闭式多工位压力机、伺服送料装置、出料装置及控制系统，并可以配置开卷校平及自动送料装置。

11.1.5　自动化冲压生产线新技术

1. 同步运动控制技术

同步运动控制技术是指自动化冲压生产线在生产过程中，保证机械手各机构的运动达到协调同步的技术。

同步技术可以大大提高生产率，能够使整个冲压生产线的速度由6～8件/min提升到10～15件/min。虽然这种冲压生产线的成本比原来机械手、机器人式的自动化生产线高出30%～40%，但生产率提高了近1倍。

压力机在采用“连续”运行模式下，通过精确地计算，可以让上下料机械手和压力机滑块“同步”起动，即下料机械手在滑块回程上行到一定角度(回到上死点前)后便开始取

件，上料机械手在滑块下行到一定角度前完成送件，保证了整个过程在不出现干涉的情况下完成取送件动作。同时为了保证下料机械手在完成取件后有足够的时间将工件送入下道工序，相邻两台压力机滑块运动过程中始终保持合理的相位差，从而让上下料机械手可以工作的周期相对加长，并使整个冲压生产线达到最高的生产率。

同步运动控制技术是由伺服驱动技术延伸发展而来的。伺服驱动器驱动伺服电动机并采集、反馈信号到驱动器的核心控制单元，实现了高动态响应的运动控制。数控加工中心和机器人的多个伺服轴依靠控制单元的插补运算，可实现两个轴以上的插补运动轨迹曲线，而在一些对运动控制要求更高的设备上，要求各个运动轴之间实现主从的同步关系，因此在原有的基础上又进一步发展出了同步运动控制技术。图 11-13 所示为同步控制技术采用情况的比较。

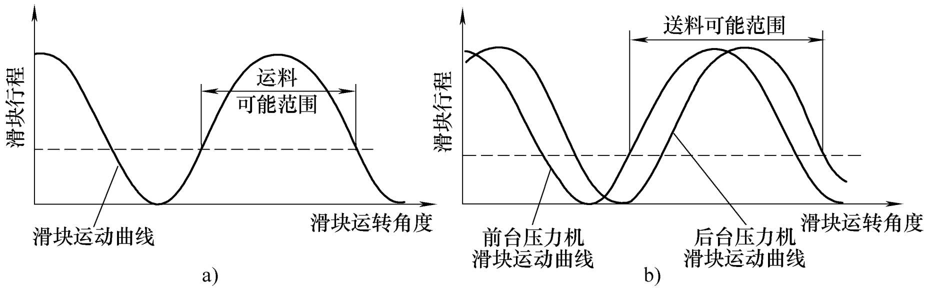


图 11-13　同步控制技术采用情况比较

a）未采用同步技术或单滑块多工位压力机　b）采用同步技术

在国际上能够使用同步控制集成技术在高档冲压生产线上的厂家有德国的舒勒和万家顿公司、日本的小松公司、瑞士的古德公司等。

在国内的同步控制技术应用中，比较具有代表性的是用于中国第一汽车集团公司（简称一汽）轿车的舒勒冲压生产线、上海通用汽车有限公司（简称上海通用）的万家顿冲压生产线、北京现代汽车有限公司（简称北京现代）的 GUDEL 冲压生产线和起亚汽车的 GUDEL 冲压生产线等。

2. 快速横杆式送料系统

快速横杆式送料系统是将压力机间的工件，通过在横杆上穿梭的端拾器直接传送而不需要中间的穿梭装置，因而工件输送速度大大加快。

图 11-14 所示为国内某压力机生产厂的一条全自动快速冲压生产线（Speedbar），冲压节拍可以达到 8～12 件/min；配置双臂结构的快速送料装置，冲压节拍可以达到 10～15 件/min，传送距离（各压力机中心距）为 6～10m。

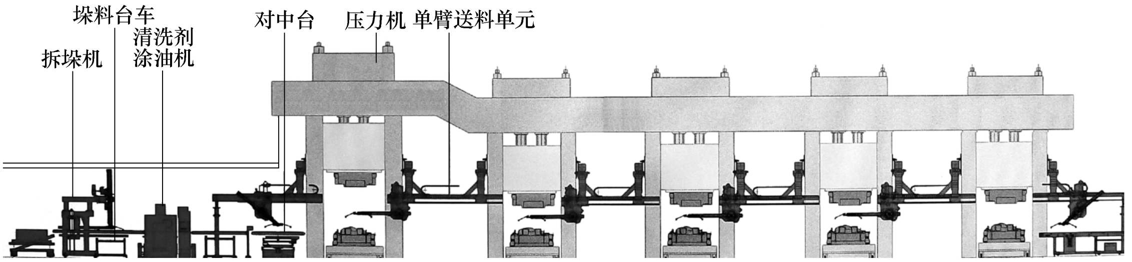


图 11-14　快速横杆式送料系统生产线

11.1.6　其他自动化冲压生产线

1. 高速压力机自动化冲压单元

在电子行业中，高速压力机是主要的加工设备，滑块行程次数最高可达 4000 次/min，坯料通常采用卷料。自动化冲压装置由开卷线、校平机、凸轮驱动送料机、收料机、检测控制系统等组成。

2. 中小型压力机自动化冲压单元

在通用中小型压力机上配置自动送料装置，可组成单机自动化单元以及小型开式压力机横向自动化线，实现单工序或多工序的自动连续冲压。

11.1.7　安全系统及零件跟踪

冲压生产线的安全防护系统采用围栏和光栅配合。对于高速、高危险的区域，一律安装安全围栏(见图 11-15)。只有低速运行的区域，如板料小车退出的非工作区域和模具工作台退出的非工作区域，可以安装安全光栅，并在安全光栅起动时配有声光报警。

在安装安全围栏的封闭区域安装安全门。当生产或维修人员需要进入封闭单元时，首先需要通过安全门控制盒发出进入的请求，此时单元内的设备将运行至安全位置并切断能源供应，安全指示灯指示安全后，人员方可进入封闭区域。在每个封闭区域内，还设置有逃生门，主要目的是当区域内出现意外情况，人员需要紧急撤出时使用。逃生门只允许从单元内部打开，并且当逃生门处于打开状态时，整条生产线设备都将处于安全状态。

图 11-15　自动生产线的安全护栏

为避免设备误动作并方便生产人员操作，整条生产线集成了所有机械手端拾器的光电传感器和模具安装及零件检测传感器，对生产全过程进行有效跟踪。当零件意外掉落或零件在型腔的位置不正确时，传感器就会检测出意外情况发生，并阻止系统继续运行以保护设备。

11.1.8　某自动化冲压生产线的操作顺序与操作时间示例(见图 11-16)

图 11-16　冲压生产线操作步骤与操作时间示例

11.1.9　不同冲压生产线的特点对比

表 11-1 为不同冲压生产线的特点对比。表 11-2 为压力机工作台台面尺寸相同时，各类压力机生产线的投资和生产成本比较。

表 11-1　不同冲压生产线的特点对比

项目	人工上下料	机器人自动生产线	单臂机械手自动生产线	横杆式双臂输送线	3 轴多工位生产线
每分钟送料次数(最高)	3~6	5~10	6~12	10~15	12~25
生产适用性	小批量	多品种小批量	多品种中批量	多品种大批量	少品种大批量
单条自动化生产线价格/万元		约 1200	约 2000	约 3000	约 1500
生产灵活性		高	一般	一般	低
换模时间/min	40~60	10~15	5~10	4~6	4 以下
运行模式		单次	单次	单次，连续	连续
压力机间距/m	8~10	6.5~8	6~9	4.5~7	无
设备滑块行程	小	小	较大	大	大
装模高度	小	小	较大	大	大
对模具要求	相对较低	相对较低	一般	较高	较高
适用范围		老线改造	老线改造或新线	新线	新线
性能特点	效率低，劳动强度大，产品质量不稳	柔性好，比机械手效率低，悬臂长，抖动大，设备故障率高	柔性好，效率高，刚性好，抖动小	柔性好，效率高，刚性好	柔性好，效率最高，刚性好
发展趋势		一般	一般	大件生产主流	大中件生产主流
安装调试周期		较短	较长	长	长
维修保养		中	中	较难	较难

表 11-2　相同规格自动化冲压生产线投资成本比较(仅供参考)

压力机类型	设备成本/万美元	最大运行速度/(冲次/min)	单位冲次成本/元
进口传统(Feeder)上下料自动生产线	A	9	约 17.48
进口快速(Speedbar)横杆式自动生产线	$A+150$	12	约 13.83
多工位横杆式压力机(Crossbar)	$A+1200$	15	约 14.24
国产压力机(Speedbar)快速横杆式系统	$A-1270$	12	约 7.02

注：表中 A 表示用来做比较的基准价格，如 $A+150$ 表示进口快速(Speedbar)比进口传统(Feeder)贵 150 万美元。

思　　考

1. 是不是冲压生产线全部都应该改为自动化？
2. 工件输送装置有几种，各自特点是什么？
3. 自动化冲压生产线的周边设备都有哪些？
4. 设备间距为 8m，适不适宜采用横杆式送料系统？
5. 安装机械手的设备行程如何确定？
6. 哪种自动化冲压生产线的生产率最高？

11.2　冲压机械手有什么特点

机械手：通过支架安装在压力机立柱或上横梁的前、后面上，模仿人手的部分动作，按预定的程序或指令，实现零件的夹取、传送的自动化装置，如图 11-17 所示。

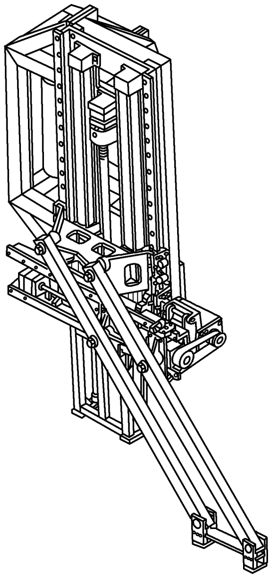
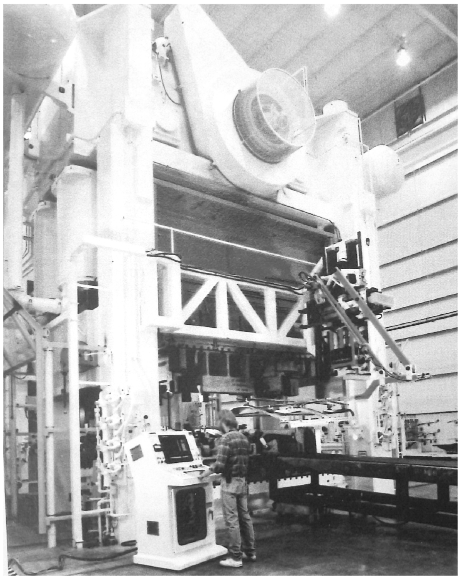



图 11-17　机械手示例

世界上第一台机械手于 20 世纪 40 年代后期在美国研制出来，美国在原子能实验中，首先采用机械手搬运放射性材料，工作人员在安全室操纵机械手进行各种操作和实验。20 世纪 50 年代以后，机械手逐步推广到工业生产部门。机械手通常用作机床或其他机器的附加装置，如在自动化机床或自动化生产线上装卸和传递工件。机械手由伺服电动机驱动。

由于机械手能减轻工人的劳动强度，增强操作安全性，提高生产率，保证冲压产品质量的稳定性，并且由于能方便地改变工作程序，有利于经常改变品种的中小批量冲压生产，也有利于加快冲压件的周转和减少库存，因此在汽车、电子等行业和自动化冲压方面，机械手同机器人一样得到了广泛使用。

目前，世界上生产机械手的厂家有美国的 ISI 公司、瑞典的 ABB 公司、日本的小矢部公

司、我国台湾的金峰公司等。

1. 自动化冲压生产线所使用机械手的分类

用于自动化冲压生产线的机械手的分类有如下几种方式：

1）按机械手的驱动方式可分为液压式、气动式、电动式。

2）按适用范围分为专用机械手和通用机械手。

3）按运动轨迹控制方式可分为点位控制和连续轨迹控制机械手等。

2. 冲压机械手的构成

机械手主要由手部机构、驱动机构和控制系统三大部分组成，如图 11-18 所示。图 11-19 所示为正在操作的机械手示例。图 11-20 所示为传统自动化冲压生产线的机械手配置示意图。

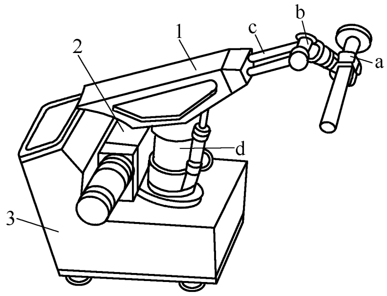


图 11-18　机械手的组成

a—手部　b—腕部　c—臂部　d—机身

1—执行机构　2—驱动机构　3—控制系统

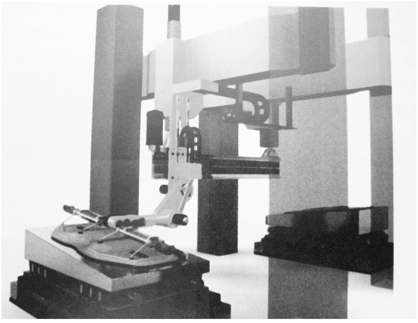


图 11-19　机械手在操作

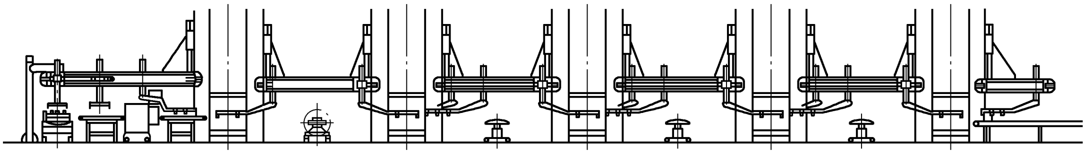


图 11-20　传统自动化冲压生产线的机械手配置

（1）手部机构　手部机构是用来抓持工件(或工具)的部件，根据被抓持物件的形状、尺寸、重量、材料和作业要求有多种结构形式，如夹持型、托持型和吸附型等。

（2）驱动机构　驱动机构分为液压式、气动式和电动式。它可以驱动手部机构完成各种转动(摆动)、移动或复合运动，并可通过改变被抓持物件的位置和姿势来实现规定的动作。

驱动机构的升降、伸缩、旋转等独立运动方式称为机械手的自由度。为了抓取空间中任意位置和方位的物体，机械手需有 6 个自由度。自由度是机械手设计的关键参数。自由度越多，机械手的灵活性越大，通用性越广，但其结构也越复杂。如图 11-21 所示。

一般专用机械手除了不必要的运动，只保留 2 ~ 3 个自由度，即两个 X 方向的线性运动和两个绕 Y 方向的旋转运动。机械结构得到简化，不仅有利于高速运行，而且电气控制系统也可以得到简化。

（3）控制系统　机械手上安装有双料检测传感器，可避免机械手拾取双料送入型腔损坏模具。机械手还安装有光电传感器，以检测板料的拾取情况。

3. 不同坐标类型机械手手臂的自由度与动作效果的关系

机械手按照坐标类型不同分为直角坐标式机械手、圆柱坐标式机械手、球(极)坐标式机械手等。

1）直角坐标式机械手：其手臂可在直角坐标系的三个坐标轴方向上作直线运动。这种坐标形式的机械手结构简单，定位精度高，适用于工作位置呈直线排列的场合，但其占地面积大，工作范围较小，灵活度也较差。

2）圆柱坐标式机械手：其手臂运动由两个直线运动和一个回转运动所组成，能够达到较高的定位精度，且占地面积小，活动范围大，但因结构原因，不能夹取地面上的工件。

3）球(极)坐标式机械手：其手臂的运动系由一个直线运动和两个转动所组成，具有动作灵活，工作范围大，占地面积小的特点，但结构复杂，手臂摆角的误差会带来手部中心定位误差的放大。

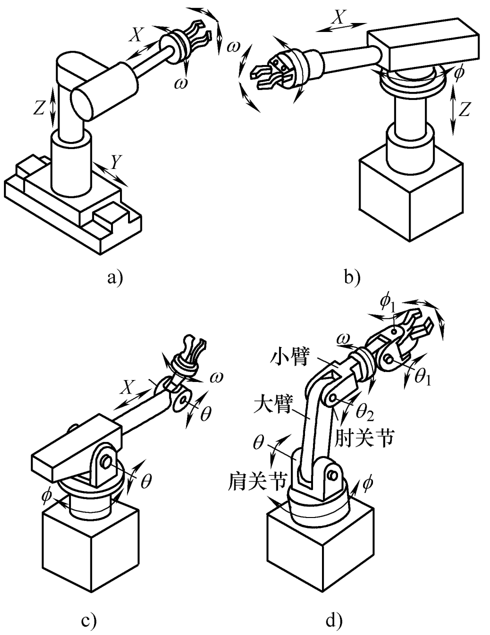


图 11-21 机械手运动的坐标形式

a）直角坐标式机械手 b）圆柱坐标式机械手

c）球坐标式机械手 d）关节式机械手

θ_1—大臂上下摆动 θ_2—小臂上下摆动 ϕ—水平回转

4）关节式机械手：手臂类似于人的手臂，由大臂、小臂与立柱等组成。大小臂之间的连接为肘关节，大臂与立柱之间的连接为肩关节，各关节均由铰链组成，以实现转动。关节式机械手的特点是动作灵活，工作范围大，通用性强，比其他类机械手性能更高。

4. 冲压机械手的手腕与自由度的关系

机械手的手腕是连接手指和手臂的构件，它具有独立的自由度，以使机械手能够适应更复杂的动作要求。设计与选用冲压机械手的手腕时，应考虑以下几个因素：

1）在手臂范围内能满足夹持和传送工件的要求时，应尽量不选用手腕动作，以简化手腕结构，降低成本，提高精度。

2）当被抓取的工件有转位(或俯仰)要求时，可增加手腕的回转动作，但当手臂完成回转动作时，惯性较大，会影响定位精度。

3）有时为了进入型腔送件、取件，可令手腕增加横向移动的动作。

5. 机械手的速度和精度

单臂机械手最高运行速度可高达 15 次/min，重复定位精度达 ±0.2mm。

6. 机械手的结构用材

机械手的手臂采用的是钢管结构件，因此运动控制离合器、连接件和横拉杆等部件的重量都比较轻，既提高了机械手的运动性能，又减少了运送板材工件时在加速和减速运动中的抖动。

机械手在设计时，采用标准化的机械手连接接口。

7. 冲压机械手的手指(端拾器)结构形式

1）夹钳式手指：有两指也有三指，其夹持工件的方式有以握紧动作夹住工件外表面的

外卡型，也有以张开的动作来卡住工件内表面的内卡型。

此类手指以往是自动化冲压的主要结构，缺点是模具要挖槽为夹钳留出夹取空间，随着真空吸盘端拾器的推广，此类夹钳式手指在汽车车身的冲压生产线上已较少见。

2）真空吸盘：在汽车行业的冲压生产中，经常使用的材料多为薄板料，其表面涂油，比较光滑，有些覆盖件零件的外观又有严格的要求，不宜用夹钳式手指抓取，而采用真空吸盘可以方便地把零件吸起来。真空吸盘端拾器如图 11-22 所示。

图 11-22　真空吸盘端拾器示例

3）气流负压式吸盘：气流负压式吸盘的缺点是有较大的噪声，吸力也比真空泵式的小，但结构简单，气源方便，吸力可靠。

4）电磁吸盘：这种吸盘只能抓取铁磁性材料，断电后工件落下，但会有剩磁，因此钟表、仪表类零件不能采用。

对吸盘的要求是：

① 吸件后不受高横向力的影响，以防止在搬运过程中相对于吸取的工件发生滑移。

② 要能够监测现场真空系统的运行情况，一旦检测到泄漏及错误的发生，即可同时起动保护及补偿功能，保证工件不掉落。

思　　考

1. 哪一种机械手功能最强？

2. 是否机械手的自由度越多越好？

3. 真空吸嘴有哪几种？

4. 判断图 **11-23** 所示布置的是机械手还是机器人？

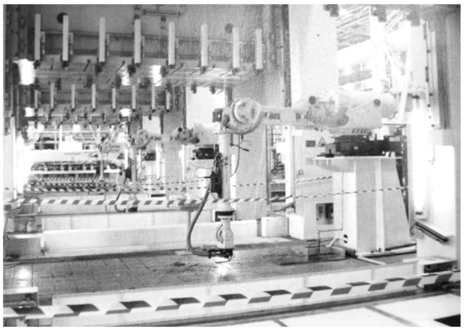


图 11-23　某夹取、传送自动化装置

11.3 什么是冲压机器人

机器人：与压力机无机械连接，可以模拟人工动作完成自动上下料的自动化装置。

工业机器人的自由度：是指从机器人固定端算起的相对独立运动部件的个数。一般的机器人有 6 个自由度就能完全实现空间的 3 个位置和 3 个姿态。

有些机器人融合了另一项创新技术——“第 7 轴”，即设在机器人主臂端部的延伸轴。翻转系统中使用第 7 轴能加快压力机间的输送速度，另外第 7 轴还能使载荷分布更均匀，解决了棘手的振动问题。

工业机器人是集机械、电子、控制、计算机、传感器及人工智能等多项先进科学技术于一体的现代制造业重要的自动化装备。

自 1962 年美国研制出世界上第一台工业机器人以来，机器人技术及其产品的发展速度非常快，现已成为柔性制造系统(FMS)、自动化工厂(FA)、计算机集成制造系统(CIMS)的自动化工具。高级的机器人系统具有仿生特性和一定程度的智能性，具有多种感知功能，并能进行复杂的逻辑思维、判断与决策。

机器人可以不依赖人的干预，在作业环境中独立完成各种作业，在提高劳动生产率和产品质量，以及提高经济效益，改善工人劳动条件等方面有着不可替代的作用。其中在机械手基础上发展与完善起来的关节型机器人，因其能够模拟人类肢体且具有仿生特性，明显优于工业机械手的动作能力，成为当前最具有代表性和通用性的工业机器人，正日益受到汽车工业及冲压行业的关注。

机器人的优点是柔性大，易于标准化生产，安装调整方便，承受载荷较大，端拾器数量少，调整时间短，整条生产线的投入较机械手自动生产线低；缺点是生产率稍低，零件的输送距离较小。

冲压机器人在工作之前要对其动作和作业内容进行编程，以便与压力机实现协调动作，实现连续轨迹控制。如图 11-24、图 11-25 所示。

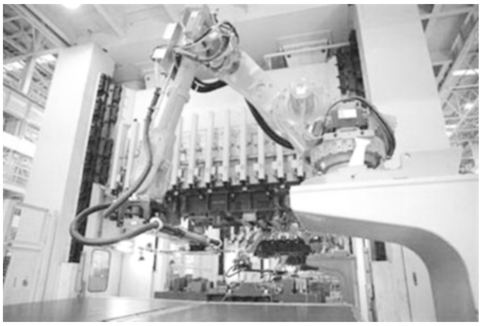


图 11-24　冲压机器人在工作中

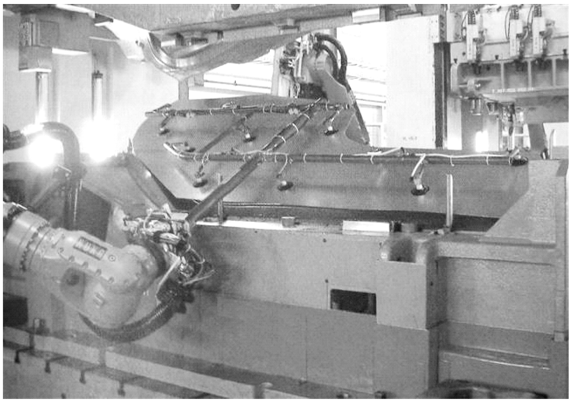


图 11-25　机器人在上料及出件

11.3.1　关节型机器人的坐标形式

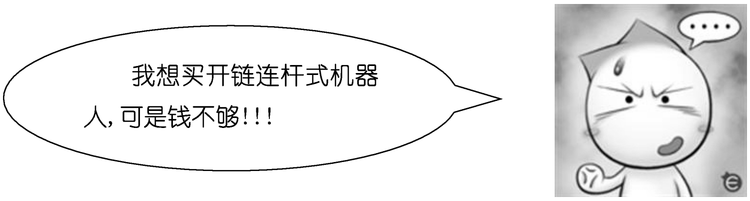
1. 自由度类型

1）直角坐标型机器人：是最简单的机器人，有 3 个移动自由度(PPP 型)，易于实现高定位精度，但机体占用空间最大。

2）圆柱坐标型机器人：有 3 个自由度，两个移动关节和一个转动关节(PRR 型)，结构较简单，通常用于搬运工作。

3）球坐标机器人：有 3 个自由度，两个转动关节和一个移动关节。这种机器人的特点是结构紧凑，但比开链连杆式关节型机器人体积要大。

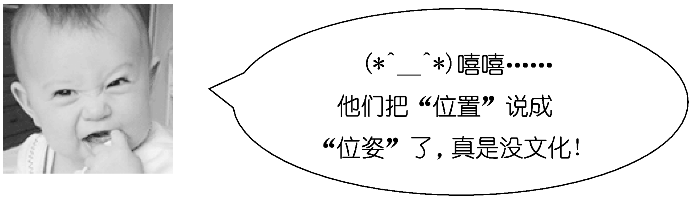
4）开链连杆式机器人：世界著名机器人都采用这种结构，是模拟人的上臂而构成的。机器人手部有 6 个空间自由度，其主动关节不少于 6 个，全部为转动型关节。其特点是结构紧凑，所占空间小，相对工作空间大，还能绕过基座周围的一些障碍物。



2. 关节型机器人的手部坐标系和基座坐标系

从运动几何学的角度，可以将多关节非移动型机器人或机械手看成为一端与基础固接的一系列具有空间运动能力刚体的连接组合。

（1）位姿　在空间中确定一个物体的几何状态需要确定其 3 个位移坐标(或称位置自由度)和 3 个旋转坐标(或称姿态自由度)，这 6 个自由度状态称为该物体的位姿。



（2）齐次坐标变换方法　机器人手部与基座的坐标系，存在着空间距离和方位的差别，将手坐标系所描述的手部位姿转换为由基座坐标系进行描述，或反之的数学转换方法被称为齐次坐标变换方法。

11.3.2　关节型机器人的组成

关节型机器人(见图 11-26)的组成(见图 11-27)包括以下 3 个方面：

1）机械结构系统。

2）控制及驱动系统，主要负责传感、动作驱动和控制。

3）末端执行器系统。

11.3.3　关节型机器人机械结构系统(本体基本构成)

关节型机器人的本体构成是指基体结构、机械传动和控制系统，通常包括关节型机器人

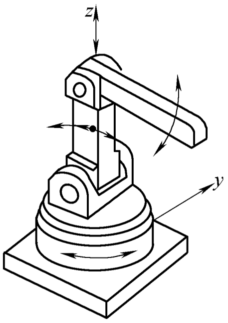
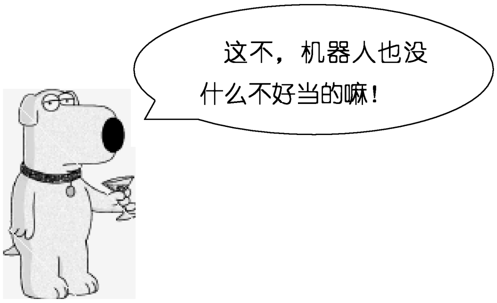


图 11-26　关节型机器人



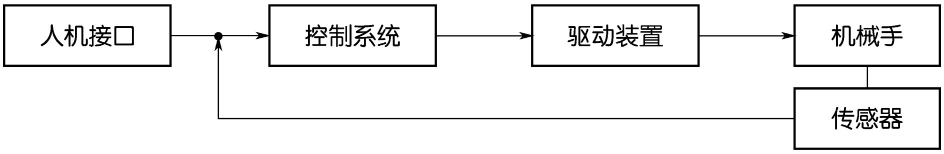


图 11-27　一般工业机器人系统基本组成

的机座（即底部和腰部的固定支撑）结构、腰部关节转动装置、大臂（即大臂支撑架）结构、大臂关节转动装置、手腕（即手腕支撑架）结构、手腕关节转动装置和末端执行器（即手部）。

机器人本体基本结构见表 11-3。

表 11-3　机器人本体基本结构

本体基本结构和机械传动系统	内 容 包 括
关节型机器人的机座	底部和腰部的固定支撑
腰部关节转动装置	
大臂	大臂支撑架
大臂关节转动装置	
手腕	手腕支撑架
手腕关节转动装置	
末端执行器	手部

图 11-28 所示为美国优尼美逊（Unimation）公司生产的一种关节型机器人的本体结构简图。图 11-29 所示为关节型机器人的动作示例。

11.3.4　关节型机器人的驱动及控制系统

机器人控制技术涉及传感、驱动与控制三个方面。机器人的机械结构、传动系统和控制技术构成了完整的机器人系统。

1. 机器人传感器

传感器是机器人系统的重要组成部分，它可分为内部传感器和外部传感器两大类。内部传感器的作用是完成机器人的运动控制，如位置、速度传感器。外部传感器有力觉传感器、触觉传感器、接近传感器及视觉传感器等。外部传感器取决于机器人所要完成的任务，如需施力的搬运、装配等。

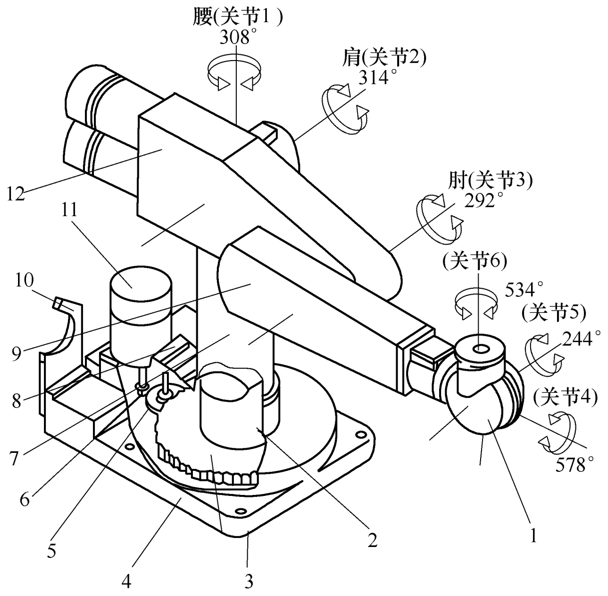


图 11-28　关节型机器人本体结构简图

1—手腕　2—管形连接轴　3—主齿轮　4—机座　5—中间齿轮　6—直齿轮
7—立柱　8—气动阀　9—小臂　10—小臂定位夹板　11—关节 1 电动机　12—大臂

2. 关节型机器人的驱动及运动控制系统

机器人的驱动方式有液压驱动、气压驱动和电气驱动三类，其中电气 AC 伺服驱动技术和电子技术的应用比例较大。

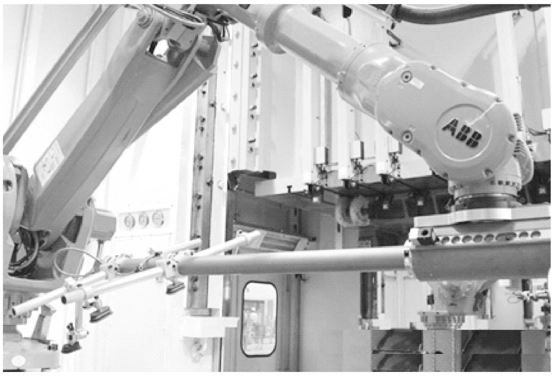
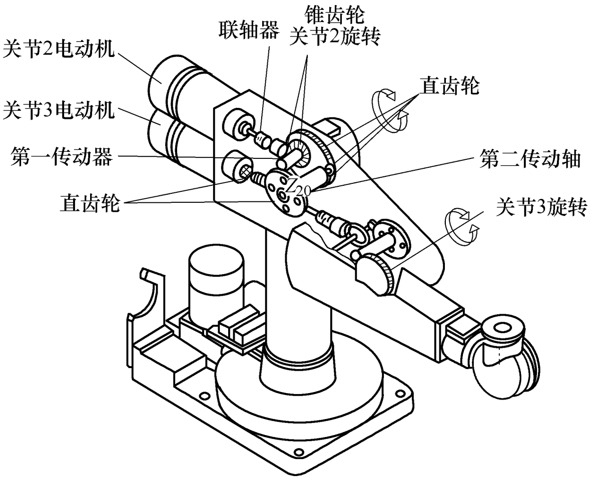


图 11-29　关节型机器人的动作示例

关节型机器人本体的驱动器和传动机构常与执行机构连成一体，驱动臂杆和夹持的载荷完成指定的任务。常用的驱动器有电动机、液压及气动驱动装置等。图 11-30 所示为关节型机器人手腕部 3 关节驱动结构。由于电动机驱动器具有精度高，可靠性好，有较大的变速范围满足机器人的工作要求等优点，因而应用最广。气动驱动器成本低，适于较简单和负载较轻的情况。

当今高性能的关节型机器人，每个关节中都独立设有驱动电动机，通过计算机对驱动单元的功率放大电路进行控制，实现机器人的操作。

另外，每一台机器人的人机接口还可借助计算机和示教器，通过界面丰富、通俗易懂的触摸式示教器，可以很方便地实现工件程序的调试和上下料关键轨迹点的修改，并且可以实现传统机械手无法实现的工件翻转、自动更换端拾器等功能，使机器人可以“示教—再现”，表现出通用与灵活的“柔性”特点，使得整条生产线上下料更智能，轨迹更柔和，定



关节型机器人大小臂关节驱动结构

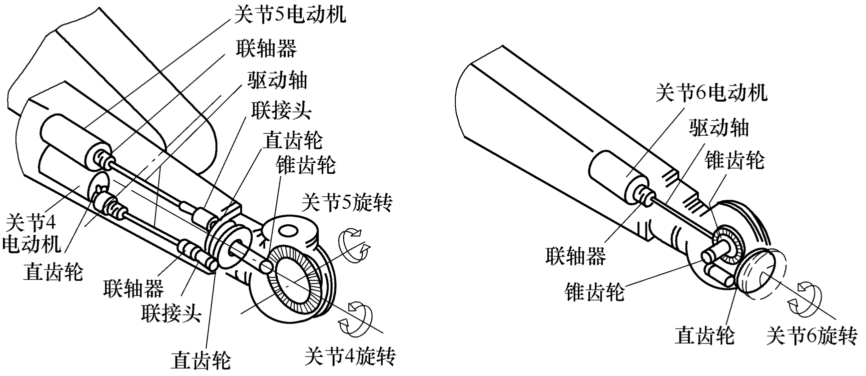


图 11-30 关节型机器人手腕部 3 关节驱动结构

位更准确。

11.3.5 末端执行系统

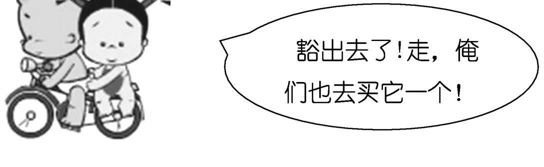
末端执行系统是指机器人直接参与工作的部分(手部)。手部根据工作需要，可以夹持各种工具、端拾器、操作装置(如焊枪)等，操作时不仅能达到指定的位置，而且要有正确的姿态。

11.3.6 关节型机器人的基本参数和特性

我们选用机器人，要从以下几个方面来考虑。

1. 工作空间

指机器人臂杆的特定部位在一定条件下所能到达的位置集合。通常工作空间指的是手腕上机械坐标系的原点(手腕端法兰的中心点)在空间能达到的范围。



2. 自由度

机器人为一个开式连杆系，其每个关节运动副仅有一个自由度，故自由度数就等于它的关节数。目前生产中应用的机器人通常具有 4～6 个自由度，具体自由度数要结合生产实际中机器人操作难度最大的动作来定。

3. 有效负载

有效负载：机器人的负荷能力，即机器人在工作时臂端可能搬运的物体重量或所能承受的力。

机器人的有效负荷能力又分为额定可搬运重量和有效负荷，前者是指其臂杆在工作空间中任意位姿时腕关节端部所能搬运的最大重量，后者则用手腕法兰处的输出扭矩来标识。

机器人不适合用于大型冲压生产线，因为大型工件的搬运要求机器人的悬臂较长，会造成机器人关节机械的磨损加剧，相应会增加故障停机率和维修费用。另外压力机下装有阻尼减振器的设备，由于冲压时整机振动较大，使机器人的定位精度会受一定的影响。

压力机之间的距离比较远时，可以考虑附加一个可承载机器人和一个可以使机器人行走的导轨式设备或增加一个回转工作台，重达 2t 的机器人可以 2m/s 的速度滑行，不受距离的限制，还可以均匀分散下部的重量，大大减轻了从压力机受到的振动影响。如图 11-31 所示。

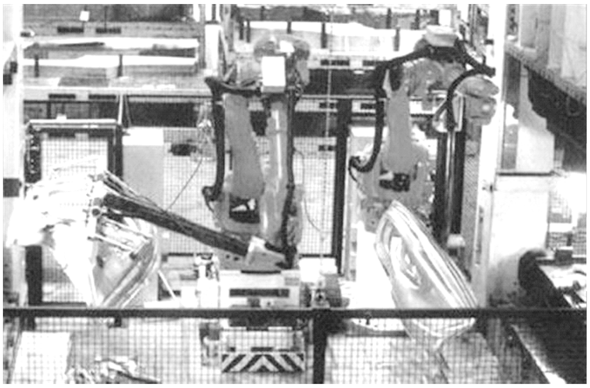


图 11-31　机器人示例

一般在自动化生产线设备间距小并且搬运工件较重的情况下采用机器人。

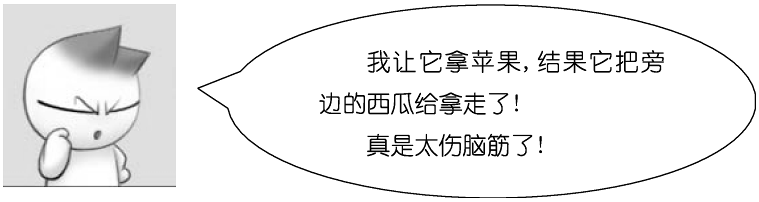
4. 运动精度

运动精度包括位置精度和重复定位精度。

1）位置精度：是指机器人臂端定位误差的大小。

2）重复定位精度：是指手臂端点实际到达点的最大分布宽度。

位置误差除了与系统分辨率有关外，还与机械系统的误差有关，尤其是与结构的间隙及臂杆的变形有关。通常机器人的位置误差 1mm，装配机器人的位置误差为 0.1mm 以下。



机器人臂杆的重复位置精度一般都要高于其位置精度。

5. 速度

速度和加速度是机器人运动特性的主要指标。受驱动器输出功率的限制，起动到达最大稳定速度或从最大稳定速度降到速度为零都需要一段时间。对于同样的运动参数，运动路线长则有效速度相对最大稳定速度的差别就小，反之就大。在机器人实际工作中，短距离的工作点比例较大，故在考虑机器人运动特性时，除规定最大稳定速度外，还应注意其最大允许的加速度。

6. 动态特性

动态特性是机器人机械设计和分析的重要内容。

动态特性：包括机器人的重量、惯性矩、刚性、阻尼系数、固有频率和振动模态。

在设计机器人时应尽量减少重量和惯量，提高臂杆的刚度，增加系统的阻尼，提高系统的固有频率。

11.3.7 关节型机器人在冲压生产中的应用举例

关节型机器人在汽车覆盖件生产中有着较广泛的应用。图 11-32 所示为机器人生产线，其主机由 6 台大型压力机组成，配 7 台机器人，通过总线和各单元的显示控制系统，能够实现板料的自动化拆垛、清洗涂油、对中上料、工序件传输与翻转等操作自动化。

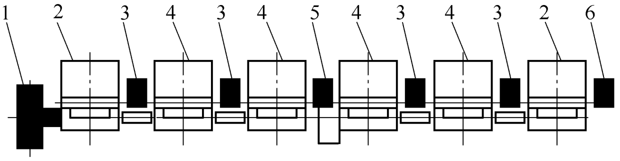


图 11-32　机器人生产线构成

1—拆垛、涂油系统　2—双动压力机　3—上、下料机器人　4—单动压力机　5—翻转传输机器人　6—搬出成品机器人

为了适应车型变换以及多品种中批量的生产，各台机器人的自由度数目为 6，并配有不同功能和规格的端拾器，夹持重量为 36kg，手臂伸缩范围前后 1800mm，上下垂直升降 180mm，手臂横摆 ±180°，手腕回转 ±360°，定位精度 1mm。通过更换与模具相适应的端拾器并改变程序，该生产线可以冲压轿车的 22 种大型冲压件，具有柔性特性。

自动生产线可以具备储存、动态模拟、故障检索及以太网远程控制等功能。

11.3.8 关节型机器人的主要参数

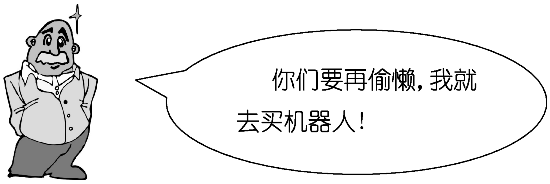
关节型机器人的主要参数见表 11-4。图 11-33 所示为机器人在冲压生产线上操作示例。

表 11-4　关节型机器人参数示例

项　　目	参　数　值	项　　目		参　数　值
结构形式	垂直多关节型	最大动作范围	J_1 轴	±180°
手部最大负载	165kg		J_2 轴	+76°/－60°
驱动方式	AC 伺服		J_3 轴	+230°/－142°
重复精度	±0.25mm		J_4 轴	±360°
控制轴	6 轴		J_5 轴	±125°
放置方式	地装		J_6 轴	±360°

（续）

项　目		参 数 值	项　目		参 数 值
最大动作速度	J_1 轴	100°/s	手腕部允许最大扭矩	J_4 轴	921N · m
	J_2 轴	90°/s		J_5 轴	921N · m
	J_3 轴	90°/s		J_6 轴	461N · m
	J_4 轴	130°/s	手腕允许最大惯量	J_4 轴	70kg · m^2
	J_5 轴	130°/s		J_5 轴	70kg · m^2
	J_6 轴	180°/s			



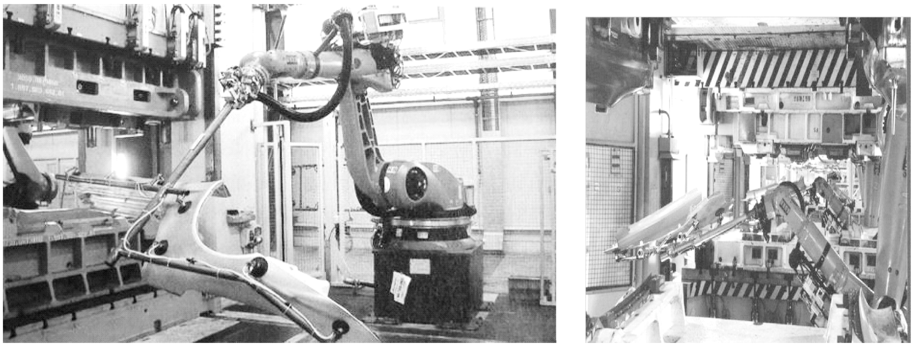


图 11-33　机器人在冲压生产线上操作示例

国际上生产冲压机器人的厂家主要有瑞典的 ABB 公司、德国的 KUKA 公司、日本的发那科公司和安川公司等，其中 KUKA 公司可支持多种标准工业控制总线。

思　考

1. 机器人是由哪几大部分组成的？
2. 最常用的机器人是哪一种类型？
3. 什么是位姿？
4. 什么叫示教功能，机器人有没有此项功能？
5. 机器人和机械手在使用中有什么区别？
6. 机器人可以有几个自由度？
7. 选一个机器人要考虑哪几个方面？
8. 机器人和机械手在承载重量及设备间距上各有什么特点？

11.4　端拾器有什么性能特点

1. 什么是端拾器

端拾器：安装在机器人或机械手的标准化连接端口上，像手指一样灵活自如并准确地配合控制系统来执行对工件搬运动作的装置。

常见的真空吸盘端拾器由连接手臂、真空发生器、电磁控制阀、真空开关指令系统和真空吸盘等关键部件组成，如图 11-34 所示。端拾器被广泛用于汽车车身钣金件的自动化冲压生产线上。

图 11-34　吸盘式端拾器示例

2. 端拾器的性能要求

1）轻便：采用高强度轻质铝合金及优质钢材制作，因此机械手的运动控制离合器、连接件和横拉杆等部件的重量都相应减轻，有效地降低了自动化设备的负荷，进一步提高了机械手的运动性能，减少了板材、工件运送加速和减速运动过程中的弹性抖动，提高了自动化设备的使用寿命。

2）快捷：采用模块化设计，可以进行不同种类的组合。由标准件组成的端拾器，电、气、机械能够快换连接，实现快速更换、安装、调试、优化及维修，具有很好的灵活性，可以二次利用。在制造过程中根据设计进行现场组装，可以有效地提高装配速度。

3）牢固：采用特殊的结构来保证和增加强度，所有连接形式可以在安装和使用期间承受高强载荷不变形。

4）采用高质量的真空吸盘，吸力大，耐摩擦，不滑移，可适用于不同的工件形状和油性表面。

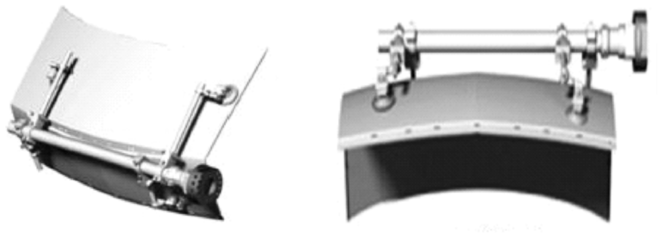
5）旋转臂可以通过 3 轴实现 360°方向的调节，既灵活又牢固。

6）柔性化：特种结构形式可以达到快捷更换，避免重复性投资。

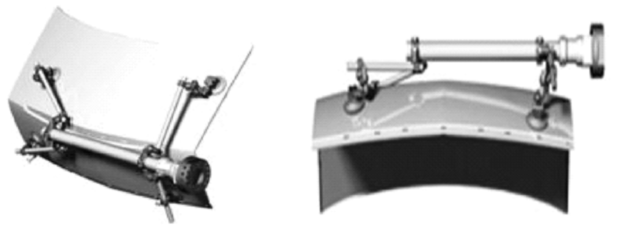
7）要保证吸力中心和工件重心一致。

8）要能够保证工件不掉落。

9）要有合理的结构设计，如图 11-35、图 11-36 所示。



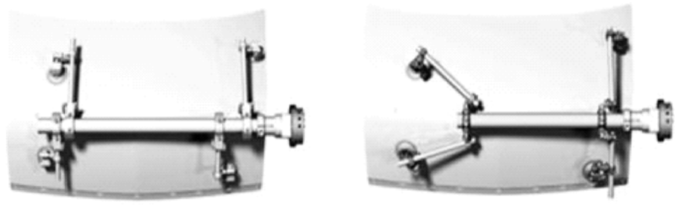
a)



b)

图 11-35　杆长设计

a）不合理的杆长设计　b）减少重量，重心靠近中心



a)　　　　b)

图 11-36　缩短主杆长度

a）不合理　b）合理

3. 端拾器真空形成方法的分类

按端拾器形成真空的方法不同，可分为真空泵式、气流负压式和无气源式（挤压）三种。对端拾器的主要要求包括：

1）吸件后不受高横向力的影响，以防止在搬运过程中相对于吸取的工件发生滑移使工件的送料位置受影响。

2）要能够监测现场真空系统的运行情况，一旦检测到泄漏及错误的发生，即可同时起动保护及补偿功能，保证工件不掉落。

4. 吸盘的工作原理

1）真空泵式吸盘工作原理：当工件与吸盘空腔密闭时采用真空泵将吸盘内的空气抽

掉，使其内压力下降而获得真空，从而将工件吸住。当吸盘移至指定位置时，将控制阀调到吸盘与大气相通，即可放下工件。

2）气流负压式吸盘的工作原理(见图 11-37)：压缩空气从右方进入喷嘴，从喷嘴左方的排气口排出，在喷嘴内产生很高的气流速度，从而使吸盘空腔内形成负压，吸盘即可吸起片料。当切断压缩空气后，负压消失，片料即落下。

吸盘式手指如图 11-38 所示。

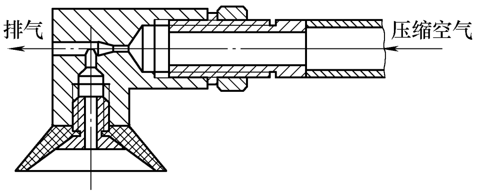


图 11-37　气流负压式吸盘

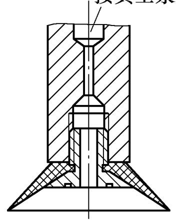


图 11-38　吸盘式手指

5. 端拾器真空吸盘的结构(见图 11-39)

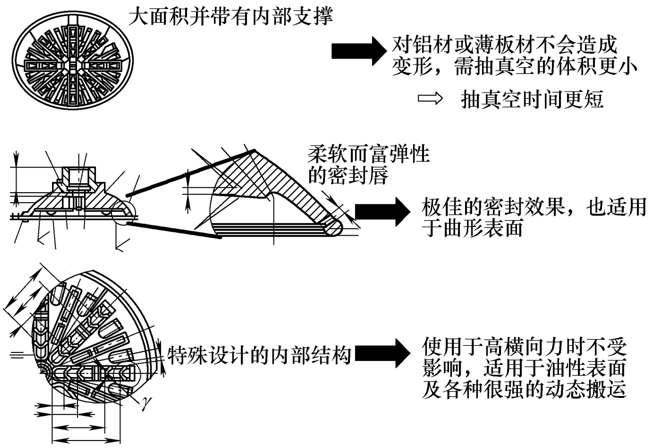


图 11-39　真空吸盘结构示例

6. 端拾器真空吸盘的类型

自动化冲压生产线由于真空吸盘的可靠性和柔性而成为端拾器的主流使用类型。真空吸盘的类型如图 11-40 所示。不同的吸盘用于不同的场合或不同的工件，也可进行组合使用。如波纹式吸盘适用于较大弧面或波纹面，行程大，有缓冲，用于送料小车、易抖动大件、空工位托架；扁平式吸盘适用于大平面、油性表面，多用于拆垛；椭圆形吸盘用于狭窄的部位；牵引吸盘适用于油性斜面、凸面、超薄板面，有缓冲，不易漏气，不留痕迹；球面吸盘吸附快，承载大，适于恶劣环境，主要用于拆垛和水平板料；深式吸盘吸力比波纹式大，调节方便，不易滑料，通用性强。

吸盘的性能包括：吸力大小、吸件速度、对工件表面的影响、对油性表面的吸力有效程度等。

a)　　b)　　c)

d)　　e)　　f)

图 11-40　不同类型的端拾器吸盘

a）波纹式吸盘　b）扁平式吸盘　c）椭圆形吸盘　d）牵引吸盘　e）球面吸盘　f）深式吸盘

7. 端拾器与吸盘的连接方式(见图 11-41)

内部啮合齿结构，保证调整的可靠性　　吸盘可直接围绕主臂以 7.5°为单位 360°旋转调整　　支架可围绕主臂以 7.5°为单位 360°旋转调整

可沿主臂任意调整位置　　可沿支架轴任意调整旋转角度　　内部齿形锁扣保证吸盘以 7.5°为单位 360°旋转调整

图 11-41　端拾器的连接方式示例

8. 端拾器的组合(见图 11-42)

9. 真空吸盘的排布

真空吸盘的排布要根据工件的形状而定，对于不同的零件形状，端拾器的空间排布也不一样，如图 11-43 所示。

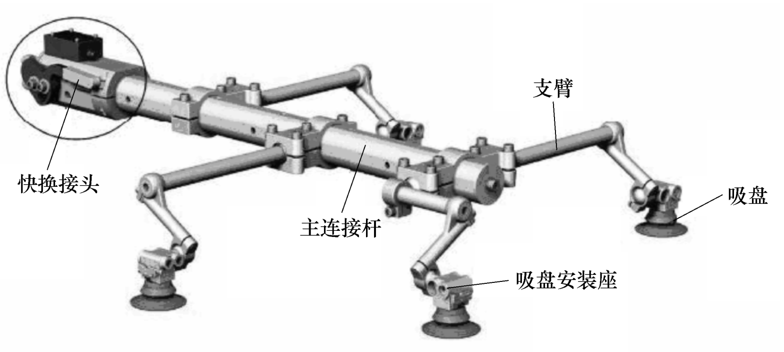


图 11-42　端拾器组合示例

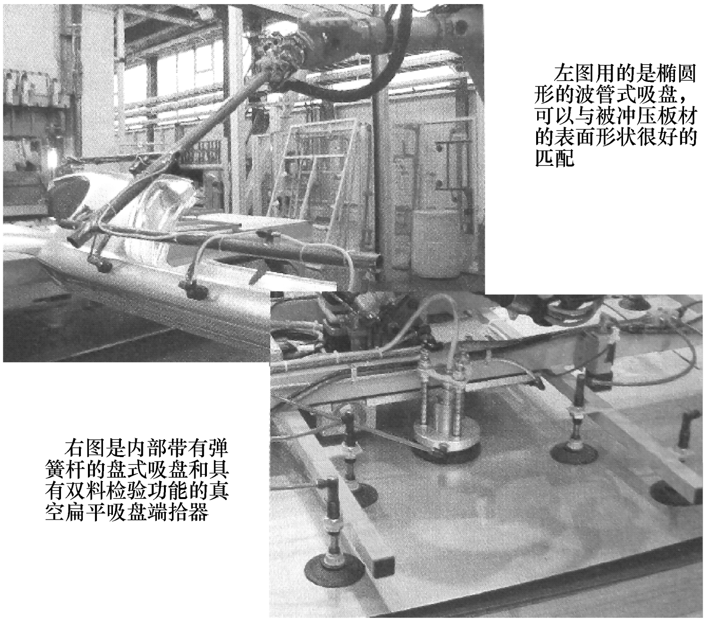


图 11-43　不同的吸盘在端拾器上的应用

10. 端拾器的自动装配流程

端拾器的装配工作非常复杂。由于冲压件根据生产计划的要求经常变更，不同的冲压件需要对应不同的端拾器来抓取，因此需要对 CATIA 进行二次开发，从而辅助生产一线的技术人员针对不同的冲压件，快速地完成端拾器部件的装配。

端拾器的装配流程如下(见图 11-44)：

1）操作人员从冲压件库里调出冲压件数据文件，并设定吸盘类型与型号。

2）软件根据冲压件几何尺寸，给出吸盘数量、参考尺寸以及吸盘在工件上的布置点位置，操作人员基于软件给出的吸盘参考尺寸与布置点进行调整。

3）软件生成端拾器的其他结构件，自动装配成端拾器部件，并计算吸盘受力情况。若吸盘受力分析不通过，则应重复上述步骤，人工调整吸盘的参考尺寸与布置点情况。

端拾器装配方案还需要经过后续的冲压生产线整体仿真验证，即端拾器在工作中是否会

与冲压生产线其他零部件发生运动干涉。如果端拾器的工作在冲压生产线仿真运行过程中没有发生干涉，则端拾器的装配方案即可得到确定。

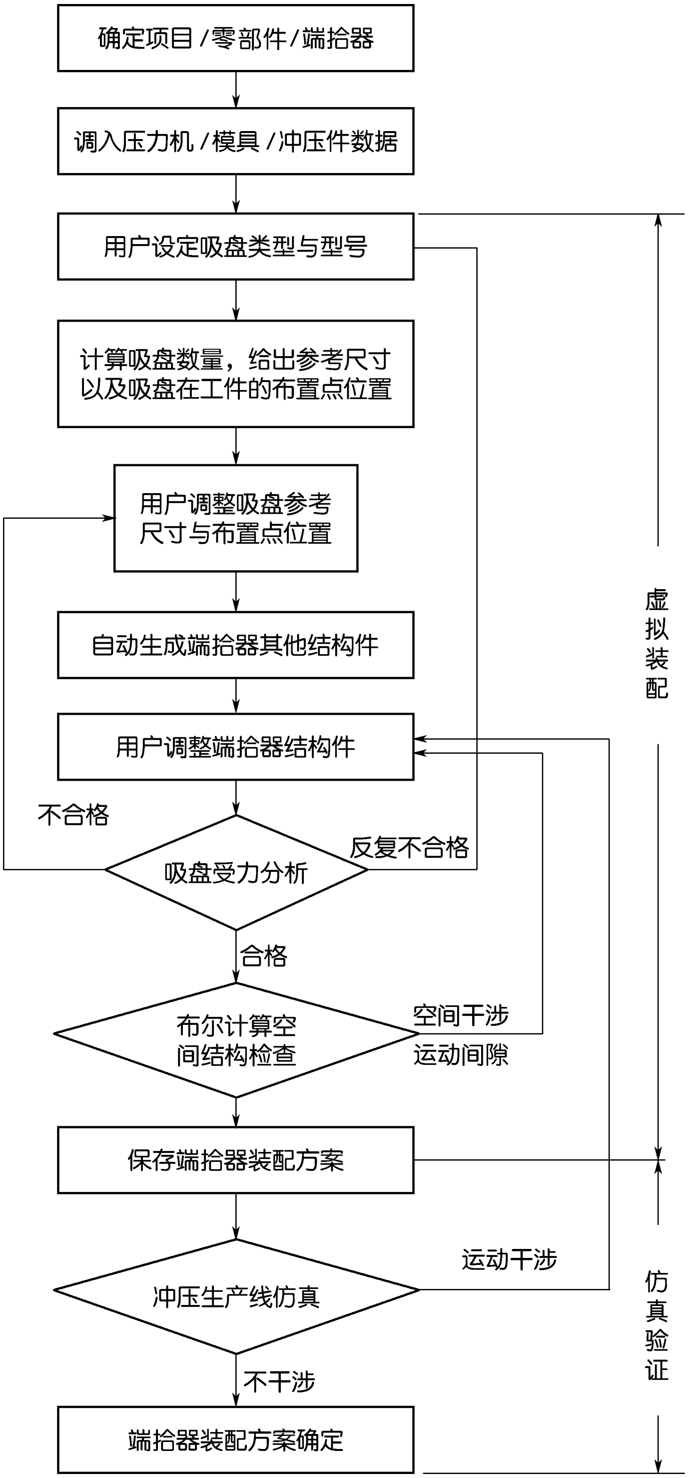


图 11-44　端拾器自动装配流程

思　　考

1. 端拾器的基本要求有哪些？
2. 端拾器与自动化装置的连接是否很困难？
3. 自动化冲压生产线主要用哪种端拾器？
4. 工件的端拾器吸取面窄怎么办？
5. 一副端拾器能否使用几种吸盘？
6. 端拾器布置好后是否需要模拟动作进行验证？
7. 端拾器有没有可以360°旋转的连接装置？
8. 工件油大怎么拾取？

11.5　自动化冲压生产线的工件如何传送

自动化冲压生产线分为多工位冲压生产线和普通冲压生产线，因此在传送装置上也有不同之处。

目前工件传送装置主要有以下几种类型：

① (Feeder)传统的机械手+穿梭小车式，用在串联的压力机组间。

② (Crossbar)多工位横杆式，用在单滑块、多工位的压力机上。

③ (Speedbar)快速横杆式，用在串联的压力机组间。

11.5.1　传统的机械手(Feeder)+穿梭小车式

动作步骤如下(见图11-45)：

① 机械手从第一副模具中取出工件放在穿梭小车(见图11-46)上。

② 穿梭小车将工件从第一副模具侧传送到第二副模具侧。

③ 另一机械手从穿梭小车上将工件吸住，放在第二副模具上进行冲压。

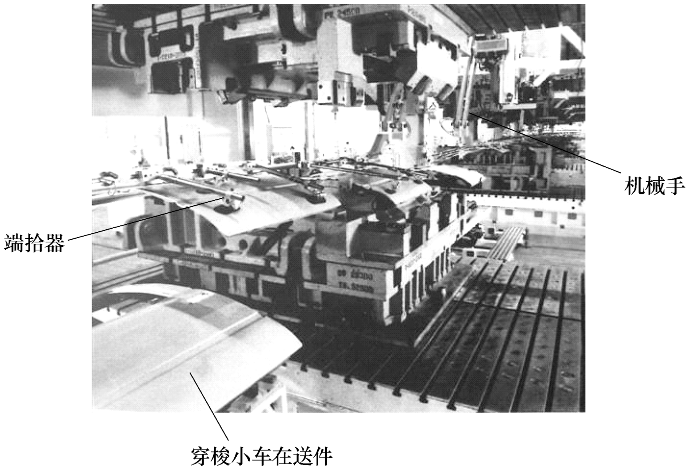


图11-45　机械手+穿梭小车的运输方式

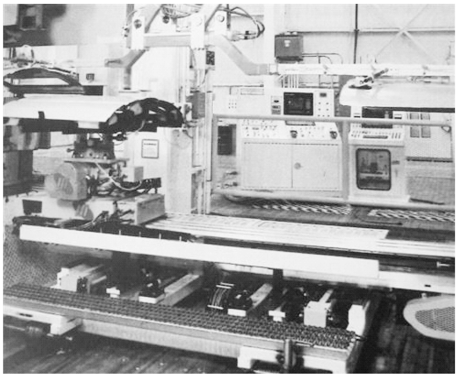


图 11-46　设备间负责传输的穿梭小车

11.5.2　多工位横杆(Crossbar)式

1. 多工位 3 轴横杆式送料机构的结构(见图 11-47)

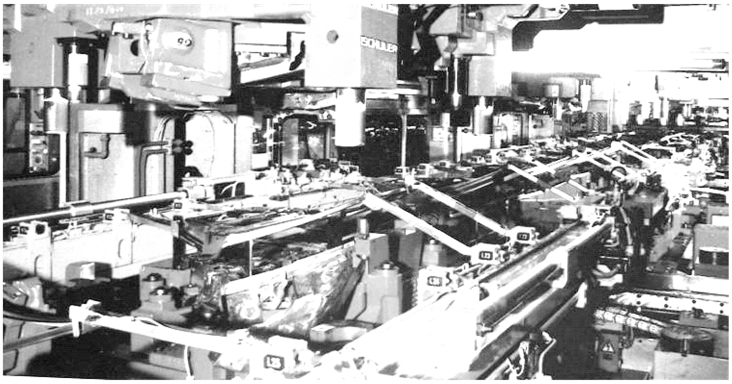


图 11-47　3 轴式传送装置示例

3 轴横杆式送料机构的进给方向为工件在工位间输送，并与冲模中心位置一致，其动作次序如下：

① 横向运动：夹紧工件的闭合运动。

② 纵向运动：从下模将工件抬起。

压力机送料行程轴的确定取决于冲压件的形状和尺寸，输送抓取装置(真空吸盘、夹钳或抓爪)取决于工件的形状。

2. 多工位 3 轴横杆式送料机构的特点

多工位 3 轴横杆式送料机构分为机械式送料传动机构、伺服传动送料机构和组合式送料装置。

1）机械式送料传动机构：压力机横梁上的动力输出装置把能量从压力机的顶部输送到地面，再由随动器驱动的大型机械凸轮通过低扭矩、低游隙杠杆输送到送料机构的成对夹钳轨上，旋转凸轮带动机械完成冲压件从一个工位移动到另一个工位的送料动作。

每一轴的运动都是由压力机传动机构分别通过双凸轮提供，再通过低扭矩、低游隙杠杆

输送到成对的夹钳轨上。凸轮的轮廓根据数学定律设计，特别是惯量和加速度由特殊的计算机程序加以优化，确保运动极其平稳。

夹钳运动和滑块运动在直接的操控下都可得到理想的协调，夹持系统与滑块或模具之间无需特殊的安全间隙，三个轴的运动次序都经过最优化设计，以缩短循环周期，如图 11-48 和图 11-49 所示。

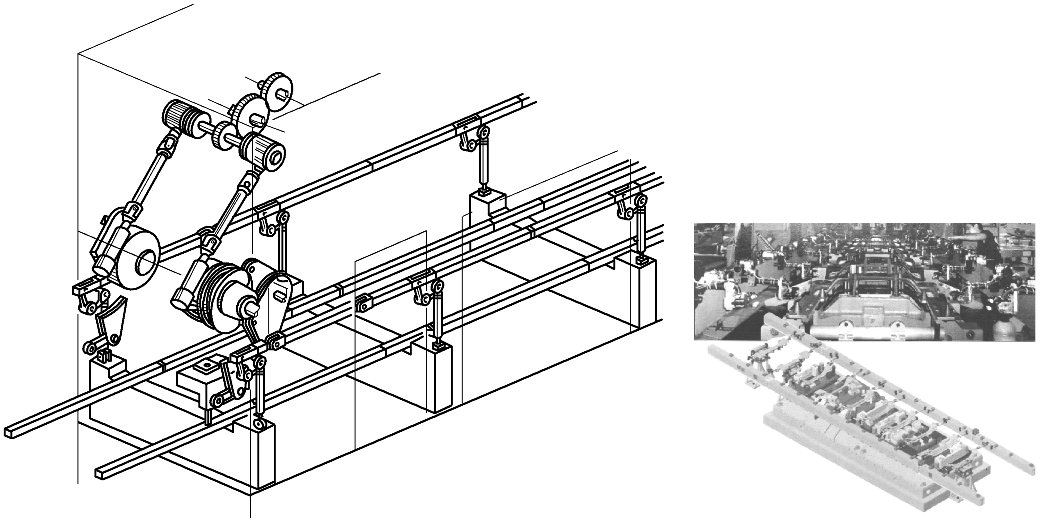


图 11-48　3 轴式传动装置结构示意图

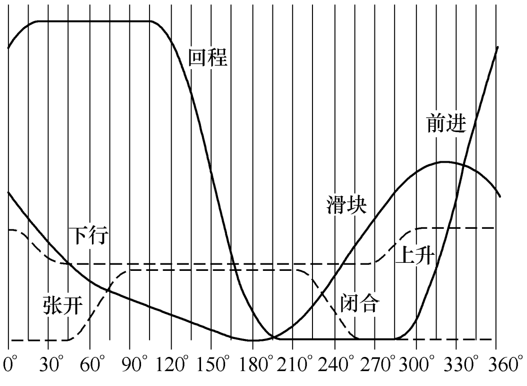


图 11-49　三轴式传送机构的时间运行曲线

机械式送料传动系统不足之处是：机构磨损及能量积累易影响送料精度、速度和产量；机械传送设计规格参数一旦确定不能更改；随着加工零件尺寸增大，传送机构也将增大，机构零件的预期寿命就会缩短。

2）伺服传动送料机构：电子伺服送料的三个轴向运动各由单独伺服电动机驱动，借助齿轮箱和传动轴将伺服电动机与送料系统相连，由计算机程序完成其运动轨迹，使压力机和控制器之间所交换的电子信号完全与压力机的动作同步化协调，往复定位精度可以在 0. 5mm 以内。

伺服传动机构三个轴向的运动各有独立的伺服传动机构，且三个轴向的运动可以随意编

程，各模位的程序可以互不相同。三个轴向彼此之间有适当的安全间隙，使滑块的运动次序与电气设备实现同步化。因此我们可以根据工件的需要提供任意的送料距离、夹紧行程、闭合行程和抬起行程。这种分别适应性有利于夹钳闭合和提升运动的最优化，柔性化。

电子伺服送料机构与机械送料机构相比有如下特点：无需使用压力机的动力输出装置，各轴(包括行程长度和时间曲线)可以实现行程轨迹编程，在无需调整滑块的情况下可以对送料装置进行微动调整，加减速度快，机械部件数目少，故障率低。

电子伺服控制技术具有先进性和可靠性，主要用于大型 Crossbar 多工位压力机及 Speedbar 系统。

3）组合式送料装置：组合式送料装置的某些动作由机械系统完成，而另一些动作则由电子系统完成，其结构随生产厂家的不同有一定的差异。这种送料方式在汽车覆盖件生产中应用有限。

11.5.3　快速横杆(Speedbar)式传送装置

快速横杆式传送装置(见图 11-50)主要用在滑块数和工位数对应的多工位自动化生产线和串联自动化压力机的工件传送上，其传送装置如图 11-51 所示。横杆式送料装置在多工位压力机中的时间运动曲线如图 11-52 所示。

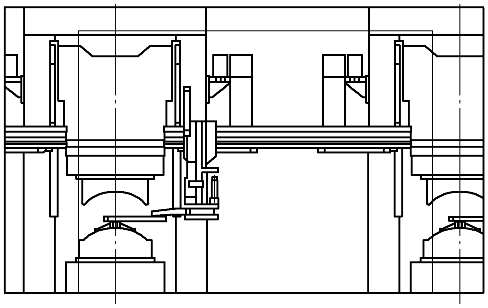


图 11-50　快速横杆式传送装置示例

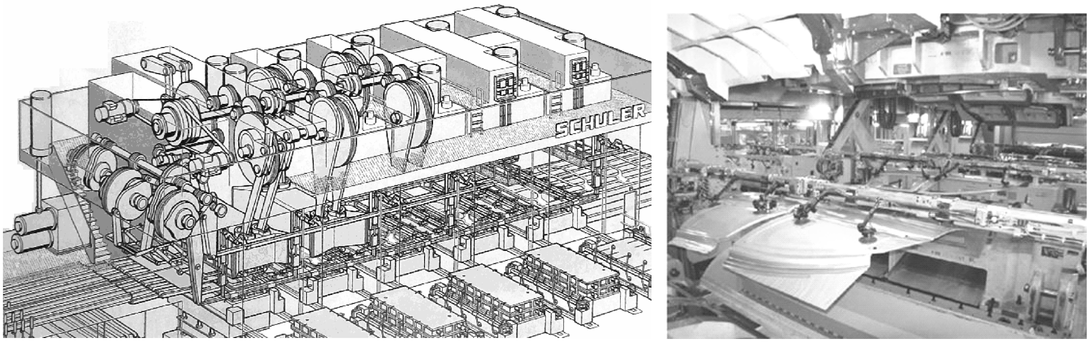
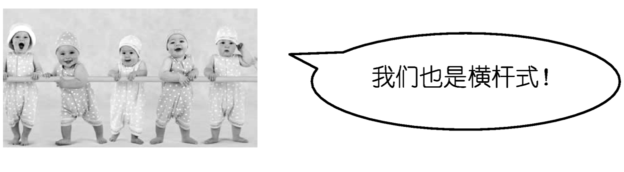


图 11-51　横杆式传送装置示意图



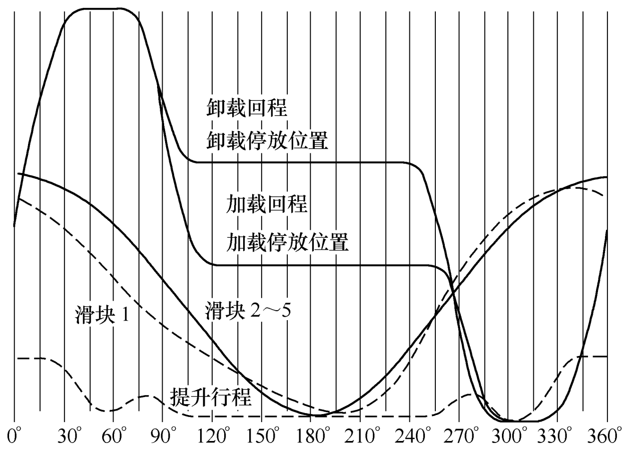


图 11-52　两轴横杆输送机构的时间运动曲线

设置在横杆上的调节装置可以调节的自由度多达 5 个，能够实现工件在两个工位间进行任意的“变位”，如图 11-53 所示。

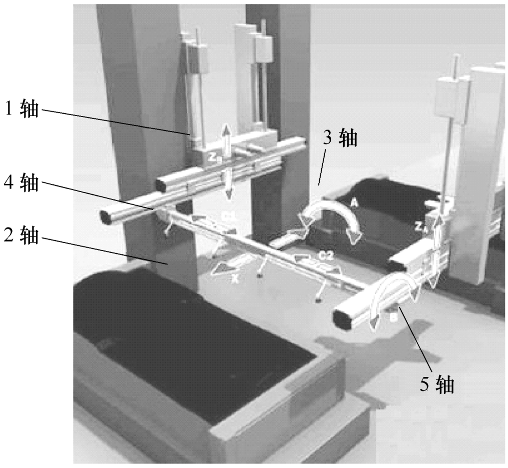


图 11-53　调节装置变位示意图

各控制轴的功能如下：

1 轴：工件提升、下降。

2 轴：工件送进、返回。

3 轴：工件旋转。

4 轴：工件横向运动。

5 轴：工件倾斜。

目前快速横杆式送料装置处于领先地位的公司有：德国米勒万家顿公司、舒勒公司、GUDEL 公司、ATR 公司，日本小松公司，韩国的 WIA 公司。

11.5.4　快速横杆式送料系统与穿梭小车式输送机构的比较

快速横杆式送料系统与穿梭小车式输送机构相比具有如下特点：

1）各压力机间的工件直接传送，不需要中间的穿梭装置。

2）端拾器按照工件的形状安装在一根由两侧导轨导向的横杆上，其有效作用区域可以覆盖前后两台压力机的整个工作台面。

3）传输时，直线和旋转轨迹交叠，输送速度得以加快。

4）由于安装支架是支撑在压力机厂房的基础上，不像传统的 Feeder 支架那样安装在压力机立柱上，因此当压力机工作时，不会随压力机的动作而使支架产生相应的振动，同时纵向导轨的两级驱动也保证了该机构水平传动的高速性。稳固的横杆机械结构使得工件传送更加平稳，无颤动，无工件掉落，输送速度更快，整条生产线的生产率有了很大的提高。

5）传统的 Feeder 压力机传送水平速度为 5m/s，加速度为 $12m/s^2$，而 Speedbar 的水平传送速度达到 7 ~9m/s，加速度为 $16m/s^2$。

6）端拾器横杆上采用内置式多达 5 个自由度的调节装置，提高了工件再传送过程中的“变位”灵活性。

7）压力机中心距的缩短使自动生产线更紧凑，减小了占地面积，前后压力机的间距得以由传统 Feeder 线的 7 ~7.5m 缩短到 6 ~6.8m，这使整条压力机生产线的长度可以缩减 3.5 ~5m。由于压力机生产线设备基础投资巨大(一般 6500 ~7500 元/m^2)，因此也减少了昂贵的冲压基础投资。

8）工件所需端拾器数量减少一半，不但降低了成本，也减少了端拾器存放所需的大量面积(见图 11-54)。

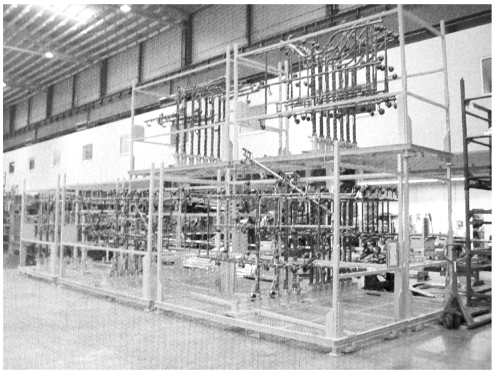


图 11-54　端拾器存放地

9）模块化设计便于维护保养和备品备件的简化。

10）换模时间可节省 40% 以上，整条生产线换模时间仅用 8min，使得生产率提高，单件成本降低。

11）提高了与欧美国家生产的多工位压力机生产模具的匹配能力，从而实现了模具和端拾器在多工位压力机和串列式冲压生产线两种设备之间的互换，为国内的冲压生产与欧美的汽车工业接轨奠定了基础。

12）传统的自动化冲压生产线、压力机、上下料机械手、地面穿梭小车等相互间联锁控制太多，容易发生机械手与滑块、模具的碰撞，因此限制了整条生产线的运行效率。快速横杆式送料系统使同步化更加简单有效。

13）机械机构的简化使维护保养和备品备件相应的简化。

快速横杆式送料系统不仅使得该冲压生产线保留了机械手加穿梭小车系统的生产柔性，其单件生产成本也因生产率的提高和投入的降低而下降，因此发展前景很乐观。

此项技术占领先地位的是德国的米勒万家顿公司，他们不但对新的冲压生产线开发了快速横杆式送料系统 Speedbar，还针对旧的生产线进行了改造，开发了一种名叫“曲张式横杆”的自动化输送系统，如图 11-55 所示。

由于 Speedbar 对压力机立柱内侧间距的要求比传统 Feeder 大，对压力机联锁控制要求

比 Feeder 高，造成了该 Speedbar 系统不能应用于现有手工或 Feeder 压力机生产线的改造，这在一定程度上限制了其应用范围。

图 11-55　曲张式横杆输送系统

11.5.5　横杆式传送装置的换模

传送轨在换模时，随着移动工作台移出，自动脱离留在压力机上的夹钳，换模后再自动夹合。

图 11-56 所示为多工位压力机的两轴夹钳轨装置。

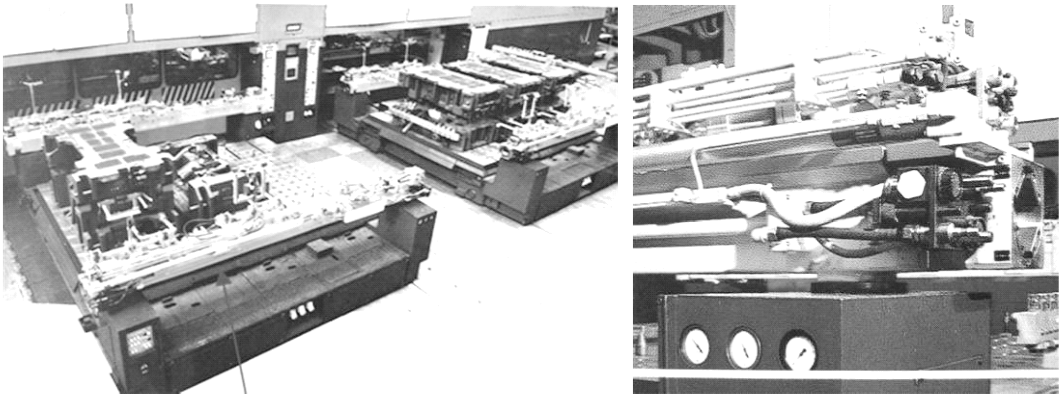


图 11-56　多工位压力机的两轴夹钳轨装置

思　　考

1. 自动化冲压生产线有几种工件传送方式？各主要用在什么类型的自动化冲压生产线上？
2. 对以上几种传送方式作一性能对比。
3. 哪种传送方式可以让端拾器少一半？
4. 横杆式传送装置的速度是否比穿梭小车式快？
5. 哪种传送装置的厂房造价较低？

11.6　自动化冲压生产线模具的特点

设计、制造自动化冲压生产线上使用的模具，首先需遵循无干涉的原则，确保模具与送料机构不发生运动干涉。

与传统的手工冲压模具和自动化冲压模具相比，自动化冲压生产线上使用的模具在结构、性能、功能等方面都有一些特殊要求：

1）同一零件生产过程中各序模具的送料面、取料面高度应尽可能一致，以有效地减少节拍损失。

若生产线采用机器人或快速横杆式输送系统，模具间的送料高度相差不能太大，要满足机器人或机械手上下垂直升降所能允许的高度。

2）模具上要安装辅助定位装置，以保证工件能够正确入模(见图 11-57)，落料片定位为四面封闭形式，且定位装置要有导料斜度。

3）为避免模具的导柱妨碍工件上下料，对非平板料定位的模具，应尽量将导柱安装在上模上。

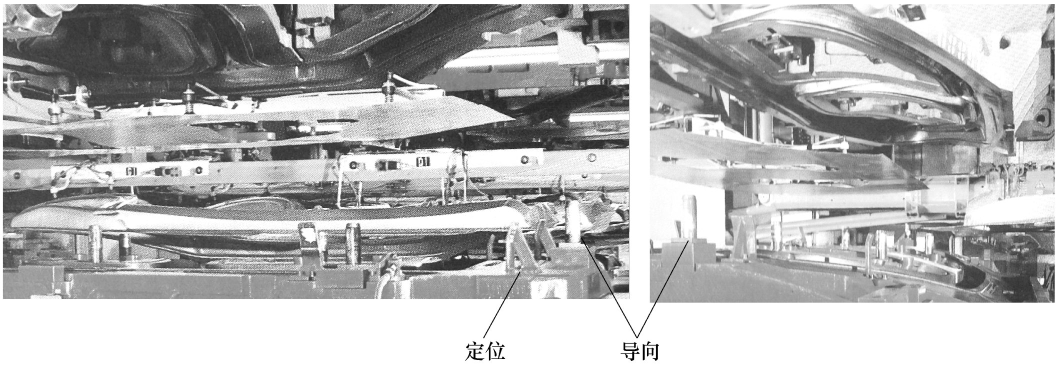


图 11-57　自动化模具示例

4）下模工件覆盖的两对角边缘，要各安装一个工件到位传感器，并与电气控制系统相连接，以检测工件入模、出件、错位等异常情况，对关键废料处也要安装传感器来检测废料是否已顺畅排走。

5）各序模具的送料中心线与生产线的中心线要一致。

6）工序设计要尽量减少工件在传输过程中的旋转，尤其是高速冲压生产线及多工位冲压生产线，应避免工件绕 Z 轴旋转。

7）成形类模具要配备顶料装置，使工件冲压后能被顶出模面约 5mm，便于端拾器取件。

8）避免出现较大的斜楔机构，尽量多采用旋转斜楔。

9）为了加快自动生产线的换模速度，常常将一条线上的模具装模高度和作业高度(送料高度)做的等高，即标准化，尤其是对多工位冲压生产线，应尽量减少安装不同模具时设备调节闭合高度的时间。对小批量、多品种、常换模的自动化生产线，减少装模时间更显得尤为重要(见图 11-58)。

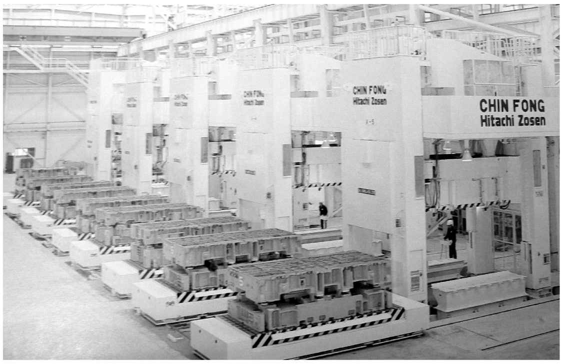
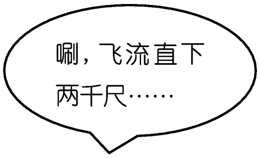
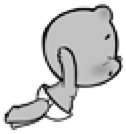


图 11-58　自动线上的模具示例

10）要设置性能可靠的废料排除装置，保证废料能够自动地从模具内顺利排出，如图 11-59 所示。

11）模具要设置与设备相配的定位槽，使模具能够安装在设备的固定位置，便于自动化系统定位，且生产线上的各序模具定位中心要尽量一致。





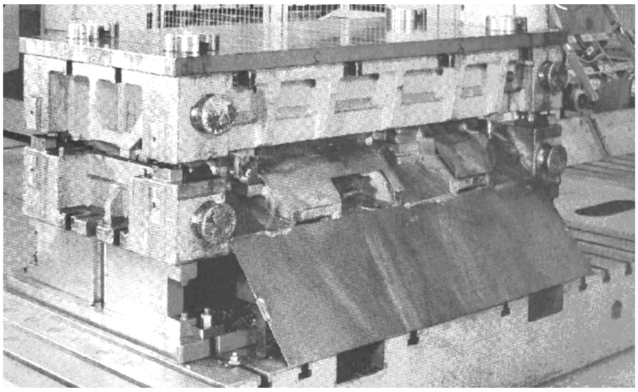


图 11-59 模具的废料滑板

12）要安装集中润滑系统。

13）模具上要安装 ID-BOX（模具号识别盒），便于自动化系统识别纠错，保证模具参数与设备内储存的工艺参数一致。

14）模具应具有多种安装方式，以适应机械夹紧或液压快速夹紧的不同要求，如图 11-60 所示。

a)

b)

图 11-60 模具的多种安装方式

a）移动式电动夹模器 b）手动式液压夹模器

15）模具下模型面要尽量在不同位置有相对平缓的局部区域，供端拾器上的（真空）吸盘吸住工件。如果产品不允许，端拾器的吸盘就只能做成特殊形状。

16）自动化冲压生产线上的模具质量要求较高，以免因其中一个模具出现问题造成整条自动生产线停机，使昂贵的自动生产线设备利用率降低，综合效益降低。

思 考

1. 自动化冲压生产线上的模具为什么要做成等高？
2. 自动化冲压生产线上的模具怎样处理冲压废料？
3. 自动化冲压生产线上的模具要设什么检测和识别装置？
4. 平板料定位装置有什么要求？

5. 自动化冲压生产线上的模具为什么要送料中心线与生产中心线一致？
6. 自动化冲压生产线上的模具废料处理要采取什么措施？

11.7　模具快速夹紧装置怎样应用

模具快速夹紧装置是一种利用高压油将模具与设备夹紧的装置，以取代通常使用的 T 形槽用螺栓和螺母，可实现模具安装和拆卸的自动化，即只需按动开关，夹模器就能够使模具从设备上自动夹紧或松开脱离。在自动化冲压生产线上，还可以实现夹紧器的数量、动作及位置的编程，即将夹紧器的选用作为模具参数，自动化冲压生产线换模时，根据模具号所选择的夹紧器能自动放松和夹紧。

模具快速夹紧装置(夹模器)在自动化冲压生产线上是不可缺少的，目前在一般的冲压设备上也得到了广泛的应用。

夹模器分上模用和下模用两大类。

11.7.1　上模常用夹模器类型

上模常用夹模器类型分为以下三种：

1）手动式液压夹模器。

2）自动推进式电液夹模器。

3）固定式电动夹模器。

11.7.2　手动式液压夹模器

手动式液压夹模器是沿着设备 T 形槽手动至夹紧位置或停留位置，然后通过液压力夹紧模具，如图 11-61 所示。

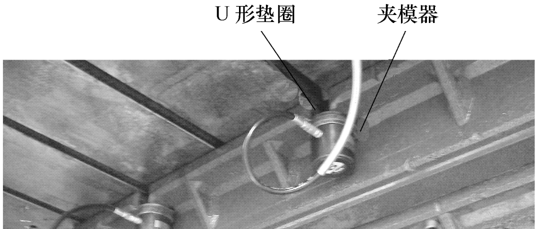


图 11-61　手动式液压夹模器

1. 手动式液压夹模器的特点

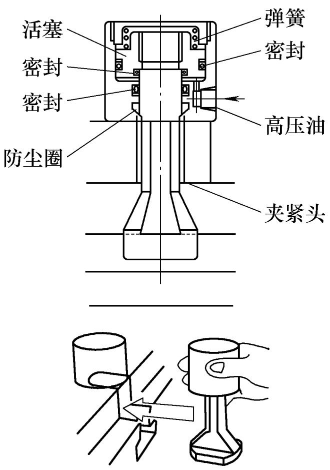
经济、灵活，安装数量可根据模具大小和需要夹紧的点位来确定。如某设备上最大的模具上模单边需锁 3 个螺栓，我们就可以在滑块前后侧各装 3 个夹模器，并使管线的预留长度满足此设备安装较小模具时需要的线长。夹模器还可以用于相邻的 T 形槽。

手动式液压夹模器主要应用于上模的夹

紧，原因主要是便于管线走向，避免出现管线干涉等问题。

如果管线不影响移动工作台进出、操作以及使用固定工作台的设备，手动式液压夹模器也可以用在下模。

2. 手动式液压夹模器的工作原理(见图 11-62)



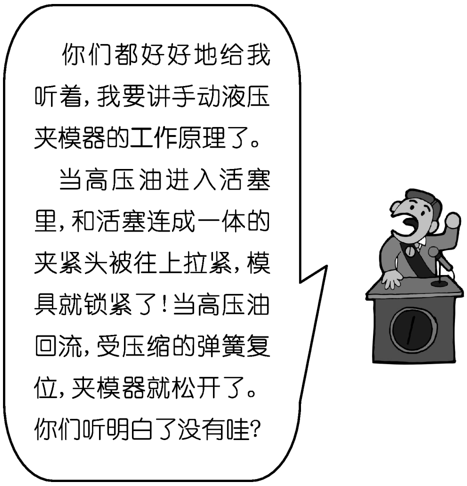


图 11-62　手动式液压夹模器

3. 手动式液压夹模器参数的确定

汽车车身冲压使用较多的型号是×××2～×××6。手动式液压夹模器的参数见表 11-5。

表 11-5　手动式液压夹模器的参数示例(当油压为 24.5MPa 时)

型　　号	×××1	×××2	×××4	×××6	×××10	×××16	×××25
夹紧力/kN	9.8	19.6	39.2	61.7	98.0	157	245
总行程(X)/mm	5	8	8	8	8	8	8
夹持行程(Y)/mm	3	5	5	5	5	5	5
预留行程(Z)/mm	2	3	3	3	3	3	3

4. 上模夹模器的规格尺寸(见表 11-6 和图 11-63)

表 11-6　上模夹模器的外形尺寸示例　　(单位：mm)

型号	E	F	G	I	min. J	max. $h+d$
×××1	37	38	13	30	5	—
×××2	52	49	16	38	8	80
×××4	59	62	25	60	10	90
×××6	65	78	30	65	14	100
×××10	71	98	40	80	17	110
×××16	78	127	50	90	20	120
×××25	100	157	60	100	23	120

5. 夹模器规格和参数的确定条件

1）要与所用设备的 T 形槽尺寸对应。

2）要与所锁模具的模板厚度对应，模具模板的厚度要在夹模器的开口 + 夹持行程的范围内。

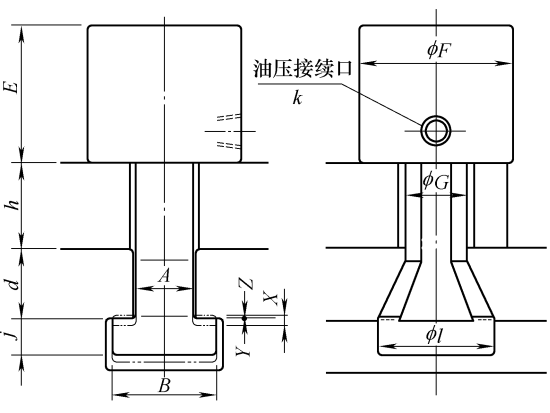


图 11-63　手动式液压夹模器工艺尺寸标示

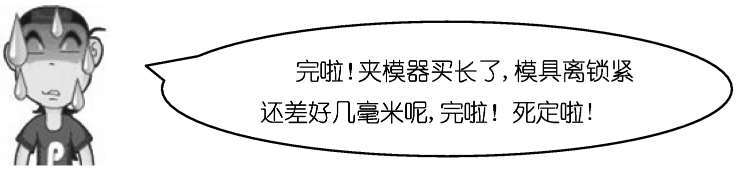
3）要综合考虑夹紧力与夹紧行程及其他尺寸的关系，抓住主要矛盾。例如，根据某模具的重量，要求选用夹紧力为 39.2kN、型号为 × × ×4 的夹模器（见表 11-5），但对照表 11-6，该型号夹模器的外形尺寸与设备或模具的匹配性不好，因此这里的主要矛盾就是夹模器的外形尺寸。如果夹模器不能特制或特制夹模器的价格过高，我们就要选择尺寸合适的夹模器，要是所选夹模器的夹紧力不够，可能就要多增配几个夹模器，同时还需在模具上相应地增加锁模槽。

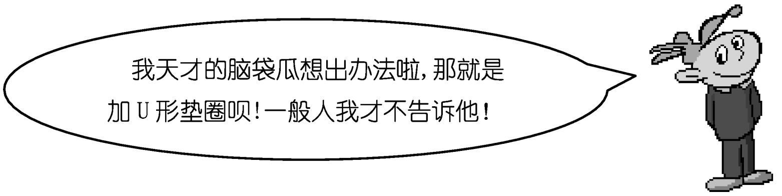
4）一般中型模具用设备，滑块前后各配 3 套夹模器即可，大型模具用设备，前后要各配 4 ~6 套夹模器。

5）要根据需夹紧模具的最大重量及夹模点数来确定夹紧器的夹紧力，一般为安全起见（如防止其中一两个在夹紧过程中失效），夹紧力要大于需要的 4 倍以上。

6）对于同一设备使用的模具模板厚度相差较大的情况，如果不能将特殊厚度的模具移到其他设备上或对模具夹紧位置进行局部厚度改造，夹模器的最大夹紧厚度就要按最厚的模板 + 夹紧行程来考虑。薄的模板可以加 U 形垫圈补偿，如图 11-61 所示。

7）图 11-63 中 $h+d$ 是夹模器的杆长，等于模具的模板厚度 + T 形槽的槽厚。如果表 11-5 中的尺寸不能满足需要，可向生产厂家提出特殊要求。





11.7.3　自动推进式电液夹模器（移动式夹模器）

自动推进式电液夹模器是一种可以自动靠近或驶离模具夹紧部位，并自动夹紧模具或脱离模具的装置，如图 11-64 所示。

1. 移动式夹模器的特点

电动移动，液压夹紧，具有自锁功能和手动紧急控制功能。

在每一可能用到的T形槽上，都可以装上可前后电动伸缩的夹紧头，这样只要模具锁槽与滑块的T形槽相对应，夹模器的移动行程在模具大小安装范围内，都可以方便地使用，如图11-65所示。

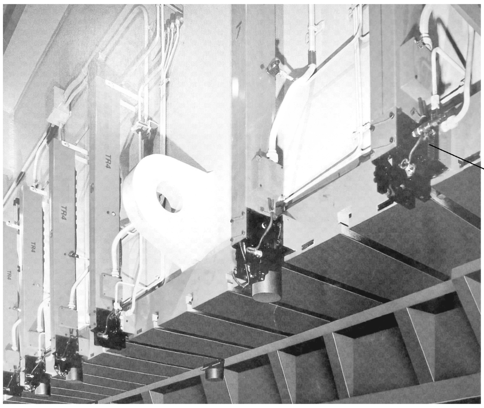


图11-64　移动式夹模器

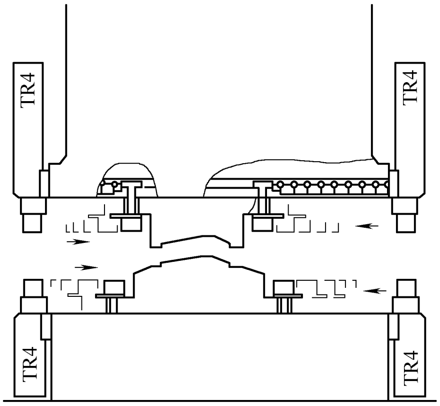


图11-65　移动式夹模器动作

2. 自动推进式夹模器的工作原理(见图11-66)

通过电驱动使夹模器自动沿着T形槽移至夹紧位置或停留位置，然后通过液压升降缸使夹紧头对模具的模板夹紧或松开。

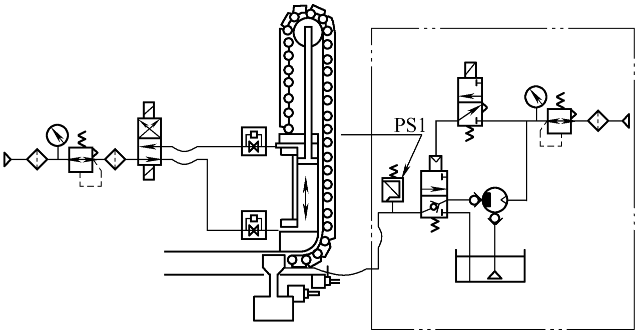


图11-66　自动推进式电液夹模器原理

3. 移动式电液夹模器的技术参数(见表11-7)

表11-7　某型号移动式电液夹模器的技术参数示例

项　　目	参数内容	项　　目	参数内容
移动距离/mm	400～1300	移动速度/(m/min)	4～6
移动力/N	196	夹紧力系列/kN	39.2、61.7、98.0

移动夹模器外形尺寸的确定也要与设备的T形槽和模具的尺寸及形状空间相配合，如果夹模器的标准尺寸不合适，就要向生产厂家提出特殊的制作要求。

11.7.4　固定夹模器

固定夹模器主要在国外应用。图 11-67 所示为采用固定夹模器的模具，图 11-68 所示为固定夹模器工作示意图。

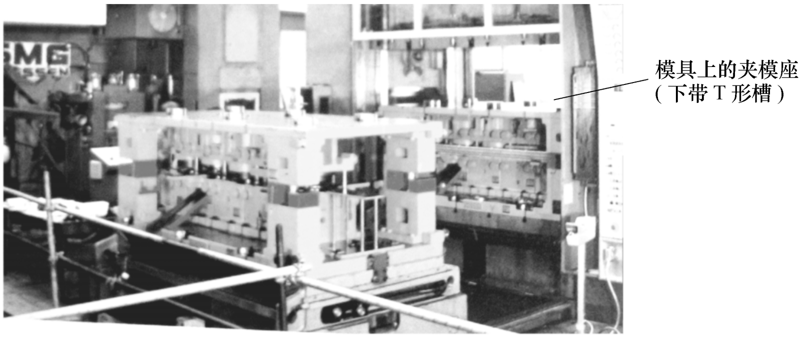


图 11-67　采用固定夹模器的模具

模具上平面上装有带 T 形槽的夹模座(见图 11-68 中的“3”)，模具放进压力机后，将滑块上的夹紧头卡住并夹紧夹模座，即可使模具得到固定。

这种方法对模具的标准化程度要求高，夹紧位置固定，但对非标模具来说，装夹灵活度不够。

11.7.5　手动式下模专用夹模器

手动式下模专用夹模器，又称为手动式液压夹模器，简称下模夹模器，如图 11-69 所示。

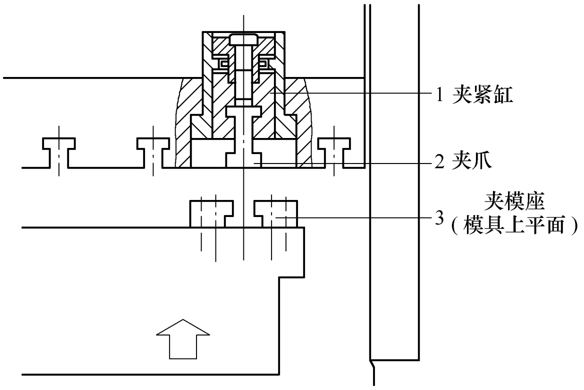


图 11-68　固定夹模器工作示意图

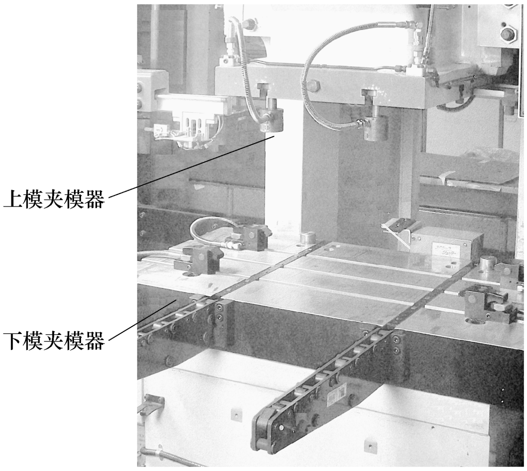
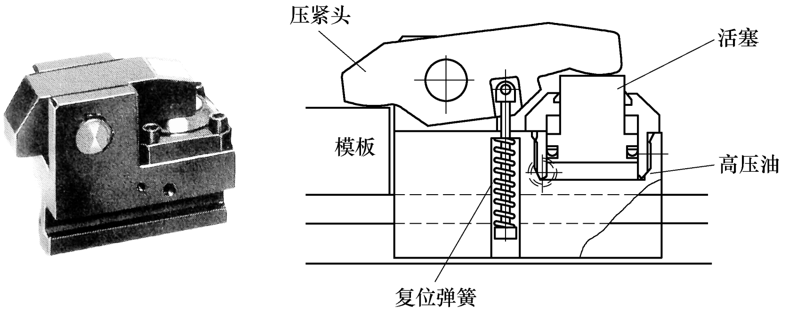


图 11-69　模具夹模器类型

1. 手动式专用下模夹模器的工作原理(见图 11-70)

高压油进入活塞缸内顶起活塞，根据杠杆原理，压紧头压紧模具的模板；当高压油回流时，弹簧复位，压紧头向上抬起夹模器松开。



a)　　b)

图 11-70　下模夹模器原理

a）实物图　b）示意图

2. 下模夹模器参数的确定(见表 11-8)

表 11-8　下模夹模器的参数示例(当油压为 24.5MPa 时)

型号	×××1	×××2	×××4	×××6	×××10	×××16	×××25
夹紧力/kN	9.8	19.6	39.2	61.7	98	156	245
总行程(X)/mm	6	7	7	8	8	8	8
夹持行程(Y)/mm	3	4	4	5	5	5	5
预留行程(Z)/mm	3	3	3	3	3	3	3

3. 下模夹模器尺寸规格的确定(见图 11-71 和表 11-9)

表 11-9　下模夹模器的外形尺寸示例　　(单位:mm)

型号	F	max. G	K	L	M	N	P	R	S	T	min. E	min. J	h = min ~ max	min. a
×××2	17.5(32.5≤h)	10	101	18	83	12.5	41	58	28	43	54	9.5	22.5 ~ 50	12.5
	22.5(27.5≤h<32.5)													
	27.5(22.5≤h<27.5)													
×××4	27.5(38≤h)	10	143	23	120	16	55	73	40	57.5	69.5	12	28 ~ 50	15
	32.5(33≤h<38)													
	37.5(28≤h<33)													
×××6	29.5(47≤h)	10	163	30	133	20	51	93	50	68.5	81.5	14	27 ~ 60	19
	39.5(37≤h<47)													
	49.5(27≤h<37)													

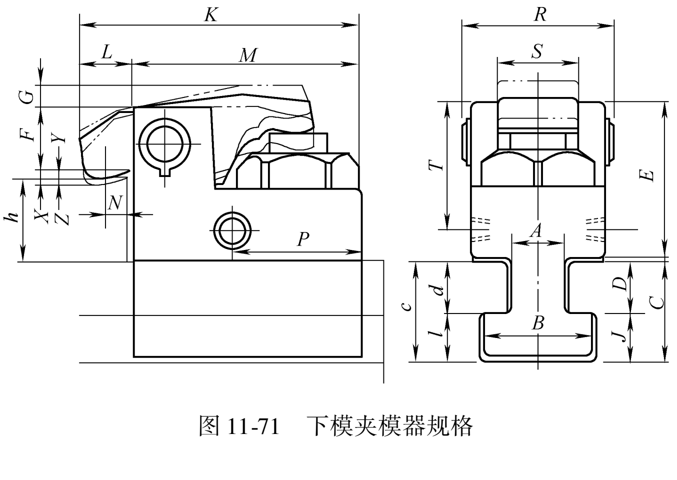


图 11-71　下模夹模器规格

图 11-72 所示为不同夹模器的安装图。

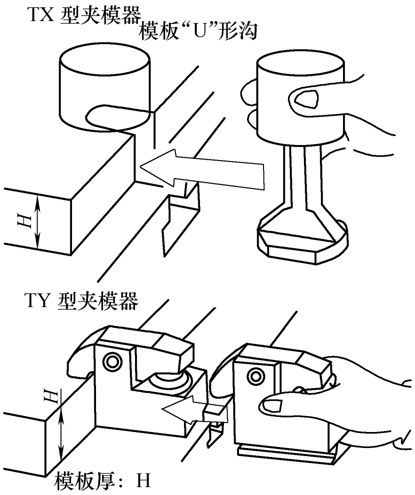


图 11-72　不同夹模器的安装

思　　考

1. 图 **11-69** 中的夹模器是什么类型？

2. 上模常用夹模器能不能用来锁下模？什么情况下可以？

3. 下模夹模器能否用于上模？

4. 某台设备用的模具最重为 **80t**，模板厚 $h = 45$mm，设备 T 形槽宽 $A = 28$mm，槽厚 $b = 28$mm，请按上面相关图表选一种夹模器。

第 12 章　冲 压 规 划

12.1　冲压规划包括哪几方面的内容

冲压规划是冲压发展的重要环节。冲压规划方案的制定与冲压发展的前景、冲压生产的经济效益、冲压的生产率及冲压资金用量等许多方面都有着直接的关系。

冲压规划的决定性要素有以下几个方面：

① 产品的冲压工序内容和工序量。

② 生产纲领。

③ 设计年时基数。

④ 规划预算的资金。

生产纲领：预计规划要达到的生产规模，是冲压规划制定的基础。

公称年时基数：在规定的工作制度下，生产工人及工艺设备在一年内工作的小时数。

设计年时基数：扣除公称年时基数损耗，生产工人及工艺设备在一年内工作的小时数。

冲压规划主要包括以下几方面的内容：冲压设备数量和类型的确定，冲压厂房的工艺面积规划，冲压工人数量的预测，工位器具的数量，规划分步实施方案。

12.1.1　冲压设备数量和类型的确定

冲压设备分生产设备和辅助设备。冲压生产用压力机是冲压规划如何展开的决定性因素，也是规划中费用占比最高的项目。

1. 冲压生产设备

首先要根据产品的冲压工序及材料类型来确定设备的吨位，即作工艺布线安排，再根据设备及生产工人的设计年时基数和预估冲压生产节拍来计算所需设备的数量。

冲压生产设备按类型分为普通设备和自动化设备，按生产商类型分为国产压力机和进口压力机。不同的设备价格相差很大，而设备类型的选择不仅仅是依照价格来确定，还要根据生产纲领来决定，以保证设备的投入能在生产纲领范围内尽快收回。

2. 冲压辅助设备

冲压辅助设备主要包括运输设备和材料准备用设备。运输设备有桥式起重机、跨线运输平板车、叉车等，还包括设置在地下的设备，如废料输送线；材料准备用设备有剪板机、开卷线等。

桥式起重机的承重规格由模具的重量(考虑模具叠放起吊的重量 + 安全系数)来决定。设备部件在安装和维修时也需要桥式起重机吊运，如果两者不能兼顾，以最常用的模具吊运为主，设备方面可外请起重机协助。

12.1.2 冲压厂房的工艺面积规划(即工艺平面布置图)

工艺面积规划是对每个区域进行功能划分，这决定了不同区域对厂房地面承重的要求。

1. 冲压车间面积规划

1）规划冲压设备占地面积需考虑的因素包括有几条冲压生产线、移动工作台的开出方向、厂房分几跨、每跨有多宽等。冲压设备是确定厂房面积和布局的决定性因素，也是决定设备地基造价的主要因素。

2）模具占地面积。

3）冲压成品检验区、半成品堆放区。

此类面积视冲压生产线的性质而定，自动生产线一般不设半成品堆放的区域，如果物流顺畅，也可不设或少设冲压成品检验区。

4）毛坯材料存放区。

5）端拾器、检具、冲压样件的存放区，这类区域按冲压类型的需要而定。

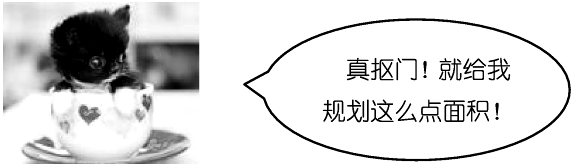
6）模具维修区。模具维修区指方便模具现场维修而规划的区域，如果模具修理车间与冲压车间相邻也可不设。

7）废料存放或运送、打包区。如果采用地下废料输送带，就要在废料出口规划运送或打包的区域。

8）车间物流通道。

9）冲压件返修区。

10）其他面积，包括周转面积、员工休息区等，视工厂的具体情况来安排。



2. 材料准备工段面积

如果材料准备的规模较大，要满足数条生产线的冲压用料，也可规划为“材料准备车间”。

材料准备主要有以下几个区域：

1）剪切设备(包括剪板机和开卷线)区域，其中开卷线的占地面积相对较大。

2）剪切毛坯材料(包括剪板机剪切的毛坯材料和开卷线开卷出来的毛坯材料)堆放区。

3）原材料存放区。由于材料准备工段常常和材料库合为一体，因此要计算材料的库存重量及占地面积。

3. 冲压件成品库面积

冲压件成品库面积的数据来自冲压工艺。冲压工艺从考虑零件质量及操作方便的角度出发，设计和规定了零件的工位器具及每架的零件装载量。冲压件成品库的面积根据每架的零件装载量和每种类型工位器具的占地面积、最小生产库存量及零件产生周期来计算，因此此项内容需技术部门和生产部门联合来确定。

12.1.3 冲压工人数量的预测

直接参与冲压生产的操作工人及辅助工人的数量根据生产纲领、设备情况、生产节拍，

以及工人的年时基数来预算。至于技术人员和管理人员的数量，与公司的性质和公司领导的决定有较大关系。

12.1.4 工位器具的数量

在冲压件成品库面积的计算中，已对成品占用工位器具的数量有了概算，但对流通环节的工位器具数量也要有一个概算。

流通环节的工位器具指的是用来作为周转用的零件架，包括空的周转架及运送到焊装工段的零件架(以汽车行业为例)。空的架子常常需要占用一定的场地和空间。

当然，对自动化生产线及物流与生产衔接很顺畅的生产，这类工位器具的用量较少。

工位器具的制作需要一定的资金预算和场地预算。

12.1.5 规划分步实施方案

规划一般要根据实际发展情况来分阶段实施，因此规划中对设备、厂房的投入以及人员的配备也要有分阶段的实施方案。

总之，设计冲压规划方案，必须要较充分地表达本单位的实际情况和需求，专业设计院往往会在此基础上充分考虑，并制定出更全面、更详尽的设计方案，包括各项技术经济指标、各项相关配套设施、各项国家标准的执行以及水电气的统筹安排，甚至包含了工辅具、辅料的年用量等。

思　　考

1. 制定冲压规划需要什么条件?
2. 什么是年时基数?
3. 冲压规划包含哪几个方面?
4. 哪个项目是冲压规划中最重要的部分?

12.2 冲压设备如何规划

冲压生产的主要设备是压力机，辅助冲压生产的主要设备是与模具配套使用的桥式起重机。

12.2.1 压力机类型的确定

压力机类型和规格的确定需满足以下两种情况之一：

1）根据零件的大小及以往经验，先确定冲压生产线的类型，再制作新模具去适应设备。

2）已有现成的模具，需确定配套设备。

12.2.2 确定生产线

对于新建工厂，为了满足开发新产品(车型)的要求，需要确定生产线。

确定生产线要参考类似产品的生产线，如零件大小、零件数量、模具大小和数量、预计哪些冲压件外协加工等。如果没有类似的产品对照，就要逐一对冲压零件进行工序预设计和预算模具规格及类型，并以此的集合数来决定使用设备的规格型号及数量。

确定生产线最关键的几点如下：

1. 明确生产纲领

如预计新产品将达到年产 8 万辆的产量，产品旺盛寿命期约为 5 年，再按此规模开发新的产品。

2. 确定冲压生产线

1）冲压生产线的数量和规模由生产纲领来决定，如果与规划的面积发生冲突，就要适当减少生产线的规模和数量，但要在保证能较快回收成本的基础上，采取生产率高的方式，例如仅生产主要零件，一些不重要的零件可考虑外协加工。

2）在资金允许的情况下进行预算。

① 预算每单位新产品的成本和利润。

② 如果只有采用自动生产线或国外设备才能够满足大批量生产及高品质产品的要求，应预算采用自动生产线的花费，以及需要生产多少产品能够回收自动生产线的投入。

③ 预算生产同样的产品，普通生产线的花费及普通生产线生产多少产品能够回收成本。将自动冲压生产线与普通生产线作比较。

3. 冲压生产线的布置方式

对非自动生产线，压力机的布置方式主要考虑工作台的开出方向、开出形式以及设备的间距。

1）工作台的开出方向分为前后开出、左右开出和 T 形开出三种方式。

为了实现快速装模，自动生产线要配置双工作台，采取左右开出或 T 形开出的形式，但占地面积也相应较大。工作台前后开出比较适合非连线生产，设备成本也相对较低，而且占地面积较小。

2）压力机的间距：压力机间距的确定主要是考虑便于冲压件的运输。

自动生产线为了加快机器人或机械手的运动节奏及降低传送机构的成本，设备间距要比非自动化连线及非连线的生产形式要小。非连线生产的设备间距相对最大，主要是每台设备前后及两侧要有工件的放置位置及转运场地等空间。

12.2.3　补充配套设备

补充配套设备的情况一般发生在由于增加了产品产量，原设备和厂房已满足不了发展的要求，及引进了现成的模具。对新设备的要求主要是：

1）需要与模具配套，包括：设备是单动还是双动形式，模具对单动设备托杆孔的间距要求，气垫的行程，设备工作台面尺寸及设备装模高度等。

2）是否能与现有设备交叉使用。

3）冲压的连线生产及物流是否顺畅。

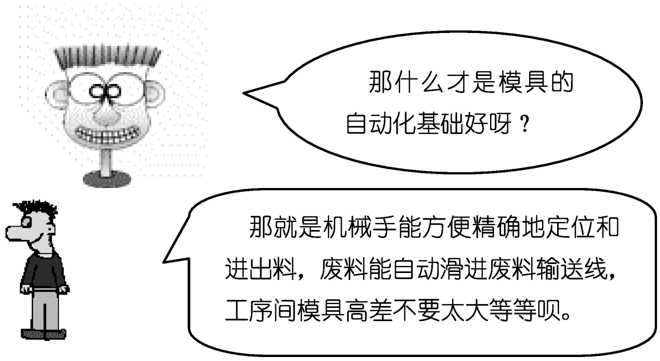
4）设备类型的选择。

5）设备能力的平衡。

如果扩大生产规模，考虑由原来的普通连线生产改为自动化连线生产，需要模具的自动

化基础好。

设备的其他方面可参考“12.2.2 确定生产线”中的内容。



12.2.4 计算预用设备类型及数量(以汽车行业为例)

在明确了新车型所有冲压件的工序和模具尺寸，以及所用冲压材料后，针对大中型零件需要作如下考虑：

1）对大型零件(指使用630t以上设备的零件)进行连线生产安排，对中型设备不能连线的不必勉强。连线生产中最重要的是拉深用设备，拉深是决定整个零件能否完成的关键工序。

2）确定拉深用设备类型。拉深设备主要有以下几种类型：

① 多连杆压力机。

② 普通机械压力机。

③ 液压机。

不同的设备对生产率的影响很大，一般自动冲压生产线用的拉深设备采用多连杆压力机。

液压机有很大的采购价格优势，但因为功率较大，使用成本较高。对有些深拉深或形状复杂的冲压件，由于模具是按照液压机来调试的，或用机械压力机较难完成冲压，因此会使用液压机来制造。液压机和机械压力机两者由于生产节拍不一致，不宜连线生产。

3）根据设备类型预估平均生产节拍，即平均每分钟生产件数，再以此来计算每类设备每年能够完成的工作量 L_X，时间按工艺设备设计年时基数(见表12-1)。如果是规划连线生产的零件，生产节拍要一致。

4）统计每类设备预计使用的工序数，连线生产的工序数和非连线生产的工序数分别统计。如果某几种设备的工序数较少，则尽量往同类设备或较高公称力的设备上合并。

5）计算每年的纲领产量。如果是分期实施方案，按分期产量计算。

6）计算每年每类设备需要完成的工序数 X_X。

7）计算所需每类设备的台数 N_X：

$$N_X = X_X \div L_X \times [1 + (1 - K)]$$

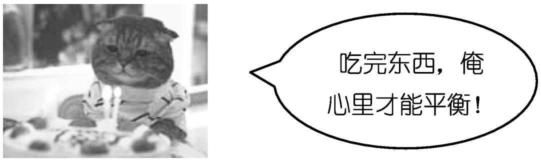
式中 K——设备利用率，即每年度设备实际使用时间占计划用时的百分比。

一般大中型压力机取 K 为80%～85%，小型压力机取 K 为90%～95%。

8）计算出的设备台数如果不是整数，取整数加1，去掉小数部分。如果某设备负荷很轻，则尽量将此设备上的工序分散到其他设备上去。设备的工序数要尽量平衡。

表 12-1　工艺设备设计年时基数(摘自标准 JBJ/T 2—2000)

设备类别及名称		工作性质	每周工作日/天	全年工作日/天	每班工作时间/h			公称年时基数损失率(%)			设计年时基数/h		
					第一班	第二班	第三班	一班制	二班制	三班制	一班制	二班制	三班制
锻压机械	中小型锻压、冲压机床	间断	5	251	8	8	6.5	2	5	7	1970	3820	5250
	大型锻压、冲压机床及自动冲压生产线	间断	5	251	8	8	6.5	4	8	11	1930	3700	5030
	重型、稀有锻压设备及自动锻压生产线	间断	5	251	8	8	6.5	5	10	14	1910	3610	4860
		短期连续	5	251	8	8	8			14			5180
		长期连续	7	355	8	8	8			22			6650
		全年连续	7	365	8	8	8			22			6830

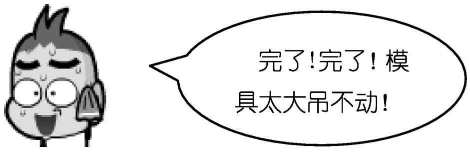


12.2.5　冲压车间桥式起重机的配备

冲压车间配套的桥式起重机的承载能力和模具重量有关，桥式起重机配备的数量与压力机布置密度和物流方式有关。

1. 桥式起重机承载能力的确定

桥式起重机的承载负荷涉及厂房的基础和立柱的承载能力。一旦厂房建好后，就不宜再更换承载能力更大的桥式起重机，如果将厂房的承载预留量加大，又会带来基建成本的增加，因此桥式起重机承载能力的确定不可小视。



1）桥式起重机的承载能力按模具最大吊运重量再加上一定的安全系数来确定。不同厂家制造的桥式起重机，即使标定的承载能力相同，可能实际也会相差较大，因此一定要设定桥式起重机承载能力预留量。另外桥式起重机承载能力执行的也是系列化标准，其承载能力的选择要尽量遵照标准。

2）从安全角度考虑，模具是一套一吊运，尤其是特大型模具，无论任何情况都不能超出一套一吊运的规范。但实际生产中有时会出现几套中大型模具必须叠放调运的特殊情况，另外也可能会出现违规操作，因此桥式起重机承载能力除特大模具生产线外，要至少按照三套叠放的本生产线最大的模具重量来计算，而不能按照一套最大重量的模具来确定。如一条大型生产线，模具最大重量为 8t，桥式起重机承载能力一般按 30t 以上来选。

2. 桥式起重机起吊高度（即吊钩下沿能升离地面的最大高度）***H*** **的确定**

桥式起重机起吊高度不是按照模具的叠放高度，而是按下式来计算：

桥式起重机起吊高度 H = 压力机包括压力机上附属物的最大高度 + 安全距离

桥式起重机的起吊高度决定了厂房的高度。厂房的工艺高度称“轨顶高”，即桥式起重机行走轨道离地面的高度，厂房房顶要在此基础上作避让高度处理。

“轨顶高”也是影响厂房造价的重要因素。

3. 桥式起重机数量的确定

一跨车间的桥式起重机数量视生产线的长度和物流方式而定。

生产线的中大型设备如果是 6 台以上，换模频次又高，为避免换模时间发生冲突，常常需要配备两台桥式起重机。

如果生产线不仅需要用桥式起重机转运工件，还要转运废料，物流非常繁忙，需要考虑配备两台桥式起重机。不过目前新建工厂因这类因素影响桥式起重机数量的情况已不多见。

思　　考

1. 新设备规划主要考虑哪几点？
2. 压力机要买就买先进的，对吗？
3. 已有模具，配备压力机需要考虑什么？
4. 压力机设备需要的数量怎样计算？
5. 桥式起重机配备要考虑什么因素？

12.3　冲压模具的等级如何确定

冲压模具的等级高低主要是指模具的用材、制造精度和性能水平。

冲压模具的等级没有严格的划分，一般是按模具的售价档次来定模具等级。

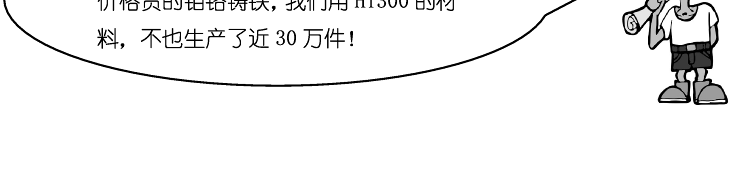
国内目前中大型模具的售价一般是按每吨多少万来计价。每吨 3 万元以下是一般要求的模具，每吨 3 万元 ~5 万元为中等要求的模具，每吨 5 万元以上为高级质量的模具。

1. 模具等级的选择

模具等级的确定需考虑以下因素：

1）按照生产纲领来确定模具等级。一般来说，生产纲领越大，模具等级越高，以便模具能够适应大规模的生产，减少因模具出现问题而影响生产的情况，并且还能提高设备利用率。

2）对于生产纲领虽然很大，但产品却是面向一般用户，要求价格实惠（如货车和微型车）的情况，模具要既能满足生产量大，价格又相对低廉。对此可以选择中低档模具，只对其中的关键零部件、易损件作特殊要求。



3）按照产品质量来确定模具等级。对档次高的产品，即满足高端需求的产品，预产量虽然不会太高，但产品精度和产品质量要求很高，因此也要选择高等级的模具标准。

2. 模具成本的折旧分摊粗算

模具要生产多少件才能收回成本，一是要看生产纲领，二是根据市场而定，三是根据企业的自身情况而定。在新产品上市的头几年，可能情况较好，以后市场会变化莫测，因此一些企业就会将模具成本按预计头几年的产品产量进行折旧分摊，以使模具的成本尽快收回，降低投入的风险。但如果市场不接受模具成本尽快分摊而造成的价格升高，只有另作调节。

$$\text{每件分摊的模具成本} = \frac{\text{模具总价} - \text{模具残值}}{\text{模具分摊的纲领产量}}$$

12.4　怎样规划冲压工艺平面

冲压工艺平面规划就是划分出冲压车间整个平面面积中各部分的功能区域，设计院根据各区域的功能，作地面承载设计。用户可以绘制出平面简图，用于向设计院表达自身的诉求，也可作为以后工艺布局调整的方案。

工艺平面布置的好坏直接影响到物流、现场生产运行和仓储等各个环节。工艺平面图的绘制要点包括以下几个方面：

1. 标明厂房的立柱号、立柱的间距、车间的跨距

汽车制造企业的厂房，立柱的间距多为 6m，车间的跨距都为立柱间距的倍数，多为 24m，也有 30m 或 18m。在简图上，立柱可以用字母 I 来表示。

2. 压力机位置的确定

冲压工艺平面中最重要的部分及最先考虑的布置是生产用压力机，其他类型用地及车间跨度的大小都是围绕着压力机的布局而确定。如果超大型压力机生产线采用工作台左右开出形式，或者是一跨厂房里并列两条生产线，为避免拥挤，可能就要采用 30m 跨距的厂房。

工艺平面图中要标明所有压力机中心点的坐标位置、设备中心线间距、工作台开出方向，并标明设备型号。压力机可以用图 12-1 来示意。

压力机距离厂房立柱要有一定的安全距离，距离大小与压力机的吨位、立柱承载基础及地基地质情况有关。

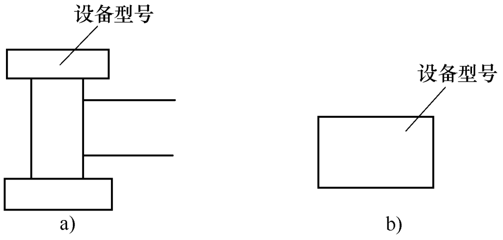


图 12-1　工艺平面图中的设备标识示例

a）中大型压力机示意简图　b）小型压力机示意简图

3. 模具存放面积的规划

首先选定模具的存放区，模具存放区的地面承载要求一般为 90 ~ 110kPa。模具存放区要考虑能够以相对较短的吊运距离来运输模具。

1）模具(指正规模具)叠放方式包括：

① 超大型模具按两层叠放。

② 中大型模具按三层叠放，大型模具层高不超过 2.3m，中型模具层高不超过 2m。

③ 对于连线生产的模具，将同一零件所用的模具叠放在一起。

④ 对于非连线生产的模具，将同一跨厂房中尺寸近似的模具叠放在一起。

⑤ 将强度好的模具放在下方。

⑥ 如果是小型模具，要考虑每个模具架存放多少套模具，预计需要多少个模具架，怎样摆放，占地面积多少，是否需要设工作通道等。模具架上平面的高度应小于 1.7m。

⑦ 每叠模具间要设 0.8m 的通道。

2）模具占地面积 $S_{模}$ 按下式计算：

$$S_{模} = 一跨厂房模具的总叠放占地面积 + 一跨厂房模具通道面积 + 周转面积$$

式中，周转面积指要吊运下层模具时，需暂放上层模具的区域及新做模具的预留地。如果面积紧张，上层模具可暂放在移动工作台的空当区域或类似区域，也可不设此区域。

4. 半成品占地面积规划

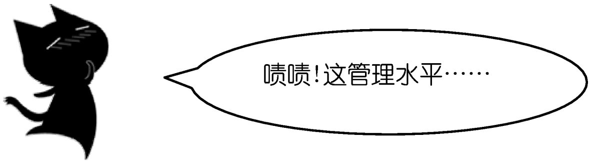
对于非连线或半连线的生产形式，半成品存放区是必需的。对于连线生产，如果模具或设备状态不够优良，也可能出现半成品滞留的情况。

半成品占地面积的确定步骤如下：

1）确定半成品的数量。

① 计算半成品占地面积的基础是选取典型的零件，其特点是生产中较容易成为半成品形式。半成品占地面积较大，每个半成品架放置半成品的数量相对较少，如侧围零件的拉深件。

一条冲压生产线上有时会同时产生两个或两个以上的半成品，那就要另作选择或另作计算。



② 确定选定的半成品每生产批的生产件数。

③ 确定选定的半成品在每个周转架上的存放件数。

④ 确定选定的半成品一个生产批的总量。

2）计算选定半成品的占地面积。

① 计算存放选定的半成品周转架的占地面积。

② 如果周转架能够叠放，占地面积按叠放状态计算。

③ 如果是数个半成品同时出现，要根据摆放方式决定是否需要增加过道面积。

半成品的占地面积计算完毕，就可在物流较方便的地方规定一个区域，并标明占地面积和区域名称。

5. 冲压成品件检验入库区域的规划

对自动冲压生产线来说，冲压件一般是抽检、装箱、入库、挂零件及数量标签流水作业，也可能冲压件不经中间冲压库房，直接转入下道生产工序，而不需要专门的入库区。

但对半连线或不连线的冲压生产，常常需要将冲压好的零件暂放一处，对零件进行入库质量检验和做每架零件数量标识。

此类区域的划分由冲压成品件的出件数量，即客户订单（或生产纲领）、设备的生产能力、工位器具周转量以及库房面积来制约，同时还和企业自身的管理流程有关系。

如果要进行具体规划，方法也是要按面积较大并且装箱量较少的零件为计算基础，按每次投产的产量对应的两层模具的叠放占地面积进行计算。

6. 零件返修区

冲压件冲压时，由于各种原因，难免会出现各类缺陷。缺陷问题较大的一般作报废处理。问题不大，修焊一下可以正常使用的，就要返修。另外有的改型零件需要手工修制，也需要一个场地。

返修区场地的大小视冲压生产总量来定，产量越大，返修的零件相对越多，场地也就越大。由于返修区对地面基础没有要求，因此可以视实际情况随时调整。

7. 模具维修区

当模具维修车间距离冲压车间较远时，为了方便模具的现场维修，需设定此区域。区域设定位置不宜在大型覆盖件的生产线附近，以免造成模具、材料、工件的表面污染。区域的大小视冲压规模和模具状态而定。一般现场维修场地的用途包括两点：

① 安放台虎钳、小型钻床、工具柜。

② 模具打开占用的场地。

模具维修区的地面承载一般为50～80kPa。

8. 通道宽度的确定

主通道宽度为3.5～5m，车间通道宽度为2m。

通道及其他区域的地面承载一般为50～80kPa。

具体通道宽度的确定主要是要满足长度较大的零件(如汽车顶盖)能顺利通过，另外如果厂房面积允许，将通道规划得宽一些，会使运输更加顺畅。

9. 毛坯存放区

如果剪切工段的毛坯存放区离冲压生产线较远，可以适当规划一片区域供临时存放毛坯用，面积大小视冲压生产线的生产速度而定。

10. 现场办公区

为方便现场办公或及时处理技术问题，有的工厂在车间内划出一片办公区域。此区域是否需要完全因厂而异。

11. 工人现场休息区

许多工厂在上、下午各设定10min的工间休时间。设定工人现场休息区，可以使休息时间得到充分利用。休息区可按人数摆放桌椅。

12. 废料输出区

如果采用废料输送线，在平面图中要标明废料输送线走向及废料出口。

13. 其他区域

视工厂具体情况而定。

14. 桥式起重机的型号及数量

要标明每跨使用的桥式起重机的型号及数量。

思　　考

1. 冲压工艺平面布置中哪个区域最重要？
2. 冲压工艺布置主要有哪几个区域？这些区域是不是每个工厂都必须要设定？
3. 如何计算半成品区域面积？

12.5　怎样规划材料准备工段

材料准备工段一般是剪切和开卷设备、剪切毛坯材料存放地、材料存放库的综合体。

12.5.1　剪切、开卷设备数量的确定

1. 剪板机数量的确定

剪板机的数量和材料订货规格、订货形式(板料还是卷料)有很大的关系。如果材料订货规格确定不当，或剪切工艺步骤安排有问题，剪切量会相对较大。

如果材料为卷料，那么相当一部分剪切量可由开卷线取代。

剪板机数量 $N_{剪板机}$ 计算可按下式来进行：

$$N_{剪板机}=\frac{一辆车的预估剪切刀次\times年生产纲领\times[1+(1-K)]}{一台剪板机每小时的剪切刀次\times设备设计年时基数}$$

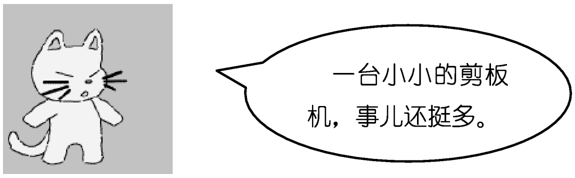
式中　设备设计年时基数——可参照小型压力机的相应值(表 12-1)；

K——设备利用率，一般取 90%～95%。

剪板机因价格低廉，安装简便，因此在规划数量上不必精确苛求，只需预留一块地方，设立数个电气配备点即可。

2. 剪板机的占地面积

剪板机的占地面积要包含剪板机前侧及后侧的辅助加工面积，即剪板机前侧要堆放待剪材料，剪板机后侧要堆放已剪材料，还要有剪切材料转运的空间。



3. 开卷线数量 $N_{开卷线}$ 的确定

$$N_{开卷线}=\frac{一辆车的预估开卷刀次\times年生产纲领\times[1+(1-K)]}{一个开卷线每小时的剪切刀次\times设备设计年时基数}$$

式中　设备设计年时基数——可参照小型压力机的相应值(表 12-1)；

K——设备利用率，一般取 90%～98%，视开卷线的配备及开卷线的质量而定。

4. 开卷线的占地面积

开卷线的占地面积包括设备本体的占地面积和设备的操作面积。

1）对于一般配备的开卷设备，设备本体的占地面积计算公式为

$$占地面积=长\times宽=(20\sim25)\mathrm{m}\times(9\sim13)\mathrm{m}$$

如果开卷线带落料压力机及前后两个堆垛装置，开卷线的长度可能还要增加。

2）设备的操作面积是指待开卷的材料及未开完的卷占用的面积。

需要注意的是，开卷线转运材料需要使用桥式起重机，因此开卷线位置的布置不要处于桥式起重机吊运的死角。

12.5.2 剪切和开卷毛坯材料占地面积计算

毛坯材料的占地面积与冲压及剪切的运行状态有关。一般来说，毛坯材料要提前准备好，即保留一定的安全生产缓冲期。毛坯材料提前准备一天至两天的生产用量，如果管理得好，甚至可以达到或接近无缝对接。因此毛坯材料的占地面积有很大的伸缩性。

假设毛坯材料准备要有两天的提前量，毛坯材料视尺寸大小为1~4层叠放，每叠材料的堆垛高度为350mm，按每条生产线消耗的材料分别计算，并从中挑选尺寸较大的零件作为计算模板，小零件另外计算，那么材料的占地面积计算方法如下：

1）剪切毛坯材料占地面积的计算步骤：

① 确定一条冲压生产线平均每天需要的剪切零件种类和个数。

② 一条冲压生产线每天大致消耗的剪切材料张数(有的材料一张就是数个零件的用料)，如果一条生产线常规生产中有材料尺寸相差较大的几种材料，可分别计算后再累加。

③ 一条冲压生产线每天消耗的剪切材料占地面积 S_1 粗算如下：如果生产线使用较大规格的开卷料，材料间通道宽度为0.8m，毛坯材料的叠放数为两层，那么

$$S_1=\frac{\text{较大尺寸开卷料平均每天生产张数}}{350\times2}\times(\text{材料长}+0.8)\times(\text{材料宽}+0.8)$$

④ 数条冲压生产线两天累计消耗的剪切材料占地面积之和为

$$S_{剪}=(S_1+S_2+\cdots+S_n)\times2$$

式中 S_2、…、S_n——分别为第2条生产线至第 n 条生产线消耗材料的占地面积。

2）开卷毛坯材料占地的计算方法与剪切毛坯材料相同，两类毛坯材料如果共用一块区域，就将两者相加为“剪切毛坯材料占用地”。

思　　考

1. 如何计算剪切设备的数量？
2. 如何规划剪切设备的占地面积？
3. 如何预算剪切毛坯材料的占地面积？

12.6 怎样规划材料存放库

材料存放库的面积规划取决于需要存放的材料数量和重量。材料存放库为运行方便，一般和剪切工段共处一跨。

12.6.1 材料库材料的存放方式

材料库的地面承载力一般是180~220kPa，承载能力小了地面会产生裂缝。材料库堆垛材料之间的通道设为0.8~1.0m。

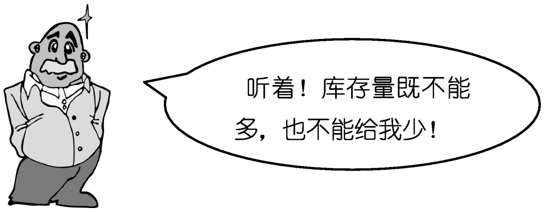
使用桥式起重机起吊的材料的堆垛高度要求如下：

① 板料的堆垛高度不应超过2.3m。

② 卷料中心线与地面平行，普通卷料堆垛总高不能超过4m。

③ 有外观要求的卷料，堆垛最多不能超过两层。

12.6.2 材料库存量的确定



1. 计算材料库存量的基础条件

1）明确每辆车需要的材料品种和每个品种的消耗重量。

2）预计库存为多长时间的周转周期，即储存多长时间生产用料的安全库存。

安全库存与以下几个因素有关：

① 钢厂的采购材料周期。钢厂材料一般是一个月一订货，国产钢厂从订货到到货为2~3个月时间，进口材料可能要5~6个月。

如果材料有进口和国产两种，那么进口材料安全库存的量相对要大，以免产量出现激增时，由于材料受采购周期的限制而出现缺口。

② 产品产量受市场波动的影响。规划中的计算值为纲领月均产量。

③ 规格特殊或市场上难以采购到现货的材料品种，如超宽板料。

④ 与钢厂所在地的距离及运输方式。如果材料的运输距离很短，等于材料的订货周期缩短，对市场变化的适应能力会增强。

库存量是一个波动的数值。当计划的库存量与实际需求相差较大时，可能会出现库存增加或库存告急，需要到市场上去采购现货的情况。如果临时采购来的现货的材料品质和尺寸规格难以符合要求，会造成材料一定的浪费，材料库存也因此会有所增加。

2. 材料库存量的计算

设国产材料的安全库存为1个月左右的纲领生产用量，进口特殊材料为2.5个月的纲领生产用量，预计采购的材料是未来第二个月的产量用料。

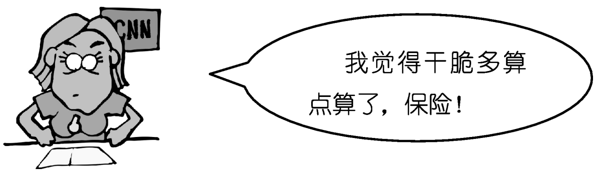
库存中的材料随着冲压生产的进行而逐步减少，大冲压件多是月产一批或数批，小冲压件是一个月到三个月生产一批，而相应的材料品种进货未必符合冲压件生产的节奏(一个月的采购材料是分期分批地入厂)，因此实际上会出现同一材料品种在某个时间段出现两个月用量的库存高峰。但在规划中，为了简化计算，不论什么情况，库存都按照稳定的平均纲领月产量再乘以一个波动系数$K_{波}$来计算，$K_{波}$值在1.1~1.5之间。如果进口料占的比例较大(一般比例都较小)，或是订货条件较差、预测产量误差较大，则$K_{波}$取较大值。

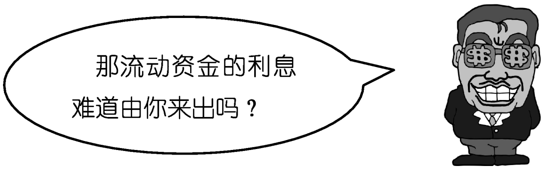
材料预库存重量$Z_{库}$计算公式如下

$$Z_{库}=(Z_{板}+Z_{卷})\times K_{波}$$

式中　$Z_{板}$——每种类型板料月预库存重量之和；

$Z_{卷}$——每种类型卷料月预库存重量之和。





12.6.3　板材占地面积计算

计算步骤如下：

1）每种类型板材的预计占地面积计算。按每包材料重 4.5t，每叠材料叠 6 层计，叠数值四舍五入取整。每种板材的叠数 B_D 计算公式为

$$B_D = \frac{Z_{板} \times K_{波}}{4.5 \times 6}$$

式中　$Z_{板}$——每种板材预库存重量之和。

每种板材的占地面积 B_n 计算公式为

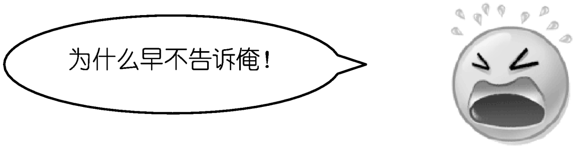
$$B_n = (材料长 + 0.8) \times (材料宽 + 0.8) \times B_D$$

式中，0.8 为通道宽度(m)。

2）各类板材的预库存占地面积之和 $B_{总}$ 计算公式为

$$B_{总} = B_1 + B_2 + \cdots + B_n$$

简便概算时，$B_{总}$ = 中等偏大板材的占地面积 × 板材品种数量 × $K_{波}$。



12.6.4　卷材占地面积计算

卷材的叠放如图 12-2 所示。

1. 每种类型卷材的预计占地面积计算

按每包材料重 9t，每叠材料叠 2 层计，叠数值四舍五入取整，上层较下层数量少，在计算时可忽略，用加高一层或机动面积去补偿。

卷材的宽度为面积计算的宽度，卷材的直径为面积计算的长度。

每种卷材的叠数 J_D 计算公式为

$$J_D = \frac{Z_{卷} \times K_{波}}{9 \times 2}$$

式中　$Z_{卷}$——每种规格的卷材预算重量。

每种卷材的占地面积 J_n 计算公式为

图 12-2　卷材叠放示意图

$$J_n = 材料长 \times (材料宽 + 0.8) \times J_D$$

2. 各类卷材的预库存占地面积之和 $J_总$

$$J_总 = J_1 + J_2 + \cdots + J_n$$

式中　J_1、…、J_n——分别为第 1 类至第 n 类卷材的预库存占地面积。

12.6.5　计算板材和卷材的总占地面积 $S_总$

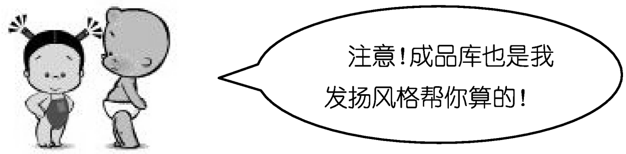
$$S_总 = B_总 + J_总$$

思　　考

1. 计算材料存放库的基础条件是什么？
2. 什么是 $K_波$，起什么作用？
3. 卷材和板材的库存重量如何确定？
4. 卷材和板材的库存面积如何计算？

12.7　冲压件成品库面积如何规划

就汽车行业而言，冲压件成品库是为了保证冲压的后续工序(焊装生产用冲压件)的连续正常供应而设立的。生产流程各方面的硬件条件及软件管理越是先进，冲压件成品库的面积就越小。如有的大型汽车厂，一些大型覆盖件冲压后通过悬链等输送机构经过成品库直接进入焊装区域，生产节拍以外的零件在成品库卸下装架。



目前国外许多产品都实现了零库存，但对于一个汽车车身而言，冲压件有几百个，需要设备分期顺序地冲压，实现零库存或类零库存是一个较难的题目。有的汽车厂，仅生产十几

个主要大零件，其他零件都分散出去生产，让外协生产厂定时、定点地送货进厂，把库存的压力转移出去，本厂的库存可以相应减少。

1. 冲压库存面积的计算条件

1）每种零件用工位器具的类型和尺寸规格。

2）一个零件架的装箱件数。

3）每种零件架的叠放层数。

4）库存零件的种类数及一辆车的零件用量。

5）平均每天生产用去多少零件，假设每天两班生产。

6）焊接生产线需布满多少零件数和零件架。

7）最小安全库存生产天数，即库里保存的冲压零件最少能够维持几天的生产，包括放在焊装线上的零件。

2. 冲压件生产批量和批次的确定

冲压件按照尺寸大小分为特大、大、中、小四类。受零件占用库存面积大小的影响，四类零件不是每批生产的件数都一样。

1）特大件和大件的生产批量和批次的确定条件。对自动化生产线及优质冲压生产线，由于换模周转时间很短(快的不到 10min)，因此生产频率可以加大，有可能一个月的产量一个星期就生产一次。对换模时间长，模具调试难(主要指拉深模)的情况，在半成品存放地及冲压成品库存面积较大的情况下，尽量二十天到一个月生产一次。

2）中型零件可以每月生产一次。

3）小型零件的尺寸越小，每批生产的件数就越多。有些微型件甚至可以三个月生产一次。

生产频次的确定根据各厂的情况灵活掌握，有时生产批量不但受到场地的制约，还受到工位器具数量的制约。如果成品库的面积一定，反过来就要倒推允许进库的零件数量，也就是计算出每批的生产量。

3. 冲压件的库存规律

冲压件是按批生产的，一个生产批次可能就要生产出数千件，一旦入库，有可能就是原最小安全库存与本批库存的总和。同时，库里上一个批次的产量可能只用去一半的数量。因此总体来说，库存的零件数量是不等的。为简化起见，我们可以将同样生产周期的零件库存规律看成是呈理想阶梯分布，如图 12-3 所示。

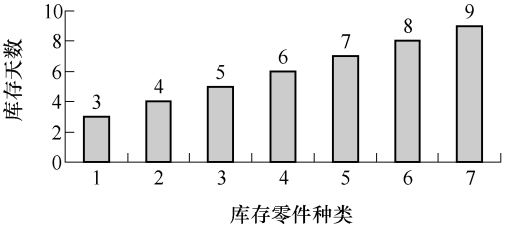


图 12-3　理想库存阶梯示例

如果生产计划和生产实施的效果能够与成品库存量呈阶梯排列，我们认为应该是一个较理想的状态，达到了零件进出的规律性平衡，有利于顺序安排冲压生产，同时保证了三天的最小库存量。反之，如果库存像图 12-4 所示，三天最低库存的零件过于集中，势必导致多个“生产急件”同时要抢设备生产，造成生产秩序的混乱。

4. 冲压件库存占地面积规划步骤

1）计算每种零件一个生产批次需占用多少零件架，零件架数取整数，有余数进一。

2）估算合理库存时每种零件占用的零件架数，每种零件的零件架数要减去一个放入焊装工序的零件架。

3）每种零件的零件架按规定叠放层数叠放，不足叠放层数的仍然按一叠计。大中型零件按同种零件叠放，便于运输。

一般零件架为 4 ~5 层叠放。有的成品库设有高位仓库，配备高位叉车，但这种库房对零件架的强度和叠放精度要求较高。

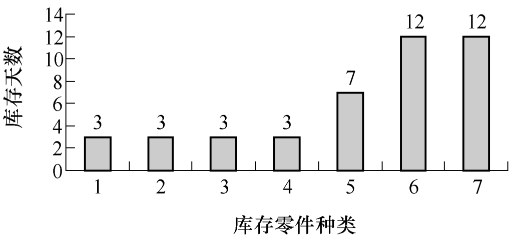


图 12-4　库存不合理示例

小型零件可以将不同零件相互叠放，但叠放高度宜降低，还要将其放在有调位空间的区域，以免下面的零件架难以取出，并且要做好定置管理。

4）叠放的零件架要设操作宽度空间。就成品库而言，零件架有两种运输方式：桥式起重机和叉车运输(包括高位叉车)。针对不同的运输方式，成品库的零件架要设不同的操作空间。使用桥式起重机要设 800mm 宽的通道，使用叉车应设宽度足够叉车转弯叉取零件架的通道，如图 12-5 所示。叉车通道视叉车大小、长度及转弯半径来定。

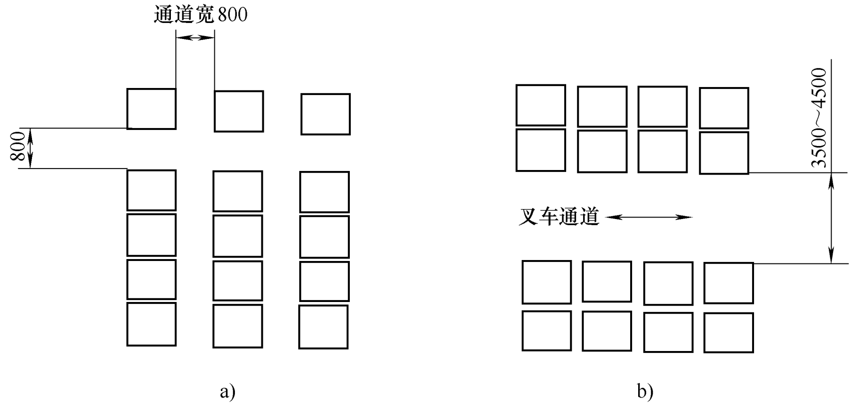
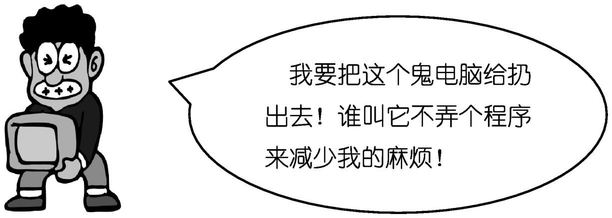


图 12-5　冲压成品库零件架摆放示意图

a）用桥式起重机运输的成品架摆放示意图　b）用叉车运输的成品架摆放示意图

5）对零件架类似、生产批量类似、装架量相差不大的零件，归纳式概算其占地面积；对影响较大的特殊零件架单独计算，然后再汇总，汇总完成后还要留有一定的机动面积。

如果库房需求面积大于限定面积，只有反过来降低每批的生产量再重新进行计算。



思　　考

1. 计算冲压成品库面积的条件是什么？
2. 零件架的运输方式和摆放及占地面积有无关系？
3. 如何计算冲压成品库的面积？

12.8　怎样规划冲压生产人员

经济效果：　　　　　　　　$经济效果\ G = \dfrac{有用成果(效益)D}{劳动消耗\ Z}$

上式中，在同样的客观条件下，有用效果 D 越大，表示经济效果越好；劳动消耗 Z 越小，则经济效果 G 越大。

1. 冲压所需生产工人数量的计算方法一

计算冲压所需生产工人数量的第 1 种方法是设备台时计算法。

冲压所需生产工人数量可根据设备年负荷台时计算，即

$$P = \frac{T_m K}{T}$$

式中　P——生产工人数；

T_m——设备实际台时，即设备实际正常工作的时间；

K——工作密度系数，即每台设备上的平均工人数；

T——工人设计年时基数，见表 12-2。

表 12-2　工人设计年时基数

工作环境	全年工作日/天	每班工作时间/h				公称年时基数损失率（%）	公称年时基数/h			
		第一班	第二班	第三班			第一班	第二班	第三班	
				间断性生产	连续性生产				间断性生产	连续性生产
一类	251	8	8	6.5	8	9	1830	1830	1480	1830
二类	251	8	8	6.5	8	11	1790	1790	1450	1790
三类	251	8	8	6		11	1340	1340	1340	

2. 冲压所需生产工人数量的计算方法二

计算冲压所需生产工人数量的第 2 种方法是工时计算法。

以汽车行业中大设备作业人员为例：

冲压所需生产工人数量 =（年生产纲领 × 每辆车工时）÷（工人年时基数 × 设备台时利用率）

式中，设备台时利用率 = 设备实际开动台时/制度工作台时，其中设备实际开动台时受设备检修、模具质量问题等因素的影响；一般中大型压力机的设备台时利用率为 78% ~85%，小型压力机的设备台时利用率为 90% ~95%。

工时计算法常常用于现生产车型的冲压操作人员数量的计算，对于规划中的人员预算，只要知道该零件的工序、模具尺寸和材料规格尺寸，就可以根据以往的经验工时进行类推。

小型冲压设备如果生产量饱满，或设备按产量设定，生产人员按一人一机配置即可。

剪板机类设备的操作工人一般按每台 2 ~3 人配置。

开卷线根据设备的复杂程度，一般一条线按 3 ~4 人配置。

3. 冲压辅助工人数量的确定

冲压辅助工人是指冲压车间冲压生产工人以外的其他工人。冲压辅助工人包括模具起吊、工件运输、零件返修、零件清点入库、模具保管等人员。有些工厂还配备了生产线的现场巡回辅助人员，他们的工作职责简单地说就是“哪里需要帮助就到哪里”。如看到哪台设备需要更换零件架，提前安排叉车、桥式起重机等运输装备做好准备，或用手动叉车及时更换料架，以减少等待运输带来的时间损耗；又如将贴紧的工件分开，以利操作工方便快速取件上件等。

有的工厂将模具和设备维修人员分到冲压车间里，他们也可属于冲压辅助人员。

辅助工人数量的确定因各厂的生产运作情况不同而有一定的差别。

思　考

1. 如何确定冲压生产人员？
2. 生产工人的数量和什么有关系？
3. 工人设计年时基数怎样查表？

第 13 章　经 济 分 析

13.1　冲压经济分析包括哪几方面

除了社会效益，经济效益就是一个企业的主要运行目的。冲压技术作为产品制造加工手段之一，对其工艺及生产过程进行经济分析，选择合适的工艺条件，是增强产品的市场竞争力，提高企业经济效益的用力保证。

冲压工艺设计是一个系统工程，其经济技术内容涵盖了以下两个方面：

① 宏观方面：一个或数个产品的冲压规划。

② 微观方面：一个冲压件冲压工艺的合理性和经济性分析。

1. 冲压规划主要项目概况

1）冲压的设计纲领(纲领是在产品的市场发展趋势预测和对客户认真细致分析的基础上建立的)，即规划年产量(辆)及阶段实施计划。

2）冲压规划中能够利用的土地面积或需要占用的土地面积。

3）冲压规划中可以利用的资金或需要使用的资金。

4）冲压生产采用几班制。

5）冲压模具及检具需要使用什么等级的及投入多少资金。

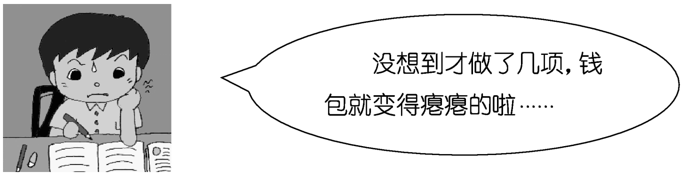
6）冲压设备需投入多少资金，选用什么类型的设备，上几条冲压生产线。

7）冲压辅助设备，包括水电气等如何配备，需要花费多少资金。

8）冲压厂房如何布局及需投入多少资金。

9）冲压生产工人、冲压辅助工人、冲压技术人员及管理人员的配备。

关于规划项目有专文讲述。



2. 冲压工艺经济性分析

对一个零件来说，采用什么样的冲压工艺手段来成形，可制订几种不同的方案来分析。

如图 13-1 所示的零件为左件，右件与之对称，零件材料为料厚 1.0mm 的高强板，零件外形尺寸约为 350mm × 150mm × 80mm。

成形此零件可以采用不同的冲压工艺方案，见表 13-1。

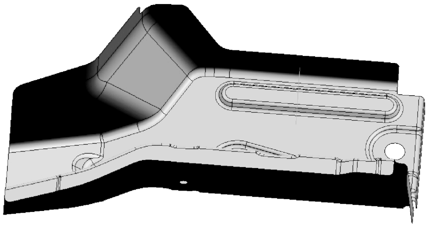


图 13-1　冲压零件

表 13-1　采用不同冲压方案的比较

方案	工序号	工序内容	模具数量	设备压力/kN	质量特点	材料成本	冲压成本	综合结论
1	1	落料、冲孔（R/L 共模分冲）	1	1600	开口尺寸略有反弹，不影响后序焊接	少	小	冲压成本低
	1	成形（R/L 分模分冲）	1/1[①]	1600			小	
2	1	落料、冲孔（R/L 共模分冲）	1	1600	开口尺寸略有反弹，不影响后序焊接	少	小	冲压成本略高，生产率较高
	2	成形（R/L 共模同冲）	1	3150			中	
3	1	拉深（R/L 共模同冲）	1	4000	好	多	大	冲压成本较高，生产率较低，零件质量好
	2	切边、冲孔、剖切（R/L 共模同冲）	1	3150			中	
	3	整形、翻边（R/L 共模同冲）	1	3150			中	
	4	冲侧孔（直冲）（R/L 共模同冲）	1	1600			小	

① 1/1 表示左右零件各用一套模具。

3. 冲压需常规核算的具体项目

1）每台设备冲压一次，也就是冲压一道工序费用是多少。

2）开卷线开一张料的成本。

3）剪板机剪切一刀的成本。

4）一个零件的材料成本。

5）一个零件的包装及物流成本。

6）一个零件的其他附属成本。

7）一个零件的各项成本汇总。

以上 1 ~ 3 条计算可以是每个零件的冲压成本或设备每个动作的平均成本，也可以按产品的个数为计算单位。

具体分析方法有会计法、定额法、台时成本法和工艺方案比较法等。

会计法：以会计报表计算工艺成本的方法。

定额法：将工艺成本的各项费用按专门制订的定额标准进行计算。

台时成本法：将与设备类型有关的费用统一摊派到加工一个冲压件所需要的台时上。

工艺方案比较法：对不同方案的工艺成本进行比较，按照工艺成本的高低，择优选取。该方法适于冲压技术工艺过程的经济分析。

> **思　　考**
>
> 1. 冲压经济分析包括哪几个方面？
> 2. 怎样进行冲压工艺方案比较？
> 3. 冲压最常用的核算包括哪几项？

13.2　如何概算冲压件成本

关于冲压件的成本，财务部门有专门的计算方法，但作为冲压技术人员，也经常需要估算一个冲压件的成本或一道工序的成本，一是为了确定合理的冲压工艺流程(包括为新零件制作模具)，二是对外协、外购、代加工的零件进行成本概算和选择。

13.2.1　与冲压件成本相关的要素

1. 与零件冲压生产直接相关的要素

1）冲压件使用的材料。

2）冲压件每道工序使用的模具。

3）冲压件每道工序使用的设备。

4）每道工序需要几个人来完成。

5）冲压生产用相关厂房面积。

6）冲压件使用的工位器具。

7）冲压件的包装和运输费用，包括内部物流、外部包装、发货、运输等费用。

2. 与冲压零件生产间接相关的要素

此项主要是指管理费用。管理费用的范畴较广，主要是围绕着正常生产所需要的所有相关人员及相关物品消耗的费用，有的计算将模具和设备维修管理相关的费用单列。

上述相关人员包括工程技术人员、各类行政管理人员、模具维修人员、设备维修人员、辅助生产工人等，人员费用包括工资奖金、社会保险以及福利等。

上述相关物品的消耗包括设备折旧、模具和设备维修需用的所有零配件、辅具、辅料、工具，以及劳保用品、办公用品、绿化、日常水电消耗等。

13.2.2　冲压成本的分项概算

1. 材料费用

材料费用不是按冲压时所用的零件毛坯重量来计算，而是要按这个零件所消耗的材料重量来计算，这里包含了剪切这个毛坯尺寸而浪费的边角余料，即材料附加消耗。

零件的材料费用可以按下式概算：

每件材料费用 = 预估毛坯重量 × (1.03 ~ 1.10) × 材料单价(不含税) × 材料管理费

式中的(1.03 ~ 1.10)为毛坯材料的附加消耗重量(材料开卷及剪切的费用见专文)，材料管理费为占用资金的利息及材料管理人员成本。

2. 模具费用

模具费用的分摊基数没有专门的规定，视企业对产品产量的预测及市场环境而定。

每道工序(每个零件)模具的分摊费用＝(模具总价－模具残值)÷规划的生产件数

概算时，模具残值可以视情况忽略不计。

3. 压力机冲次成本

压力机冲次成本是指冲压一次需要花费的直接费用。压力机的附属设备，如空压机的耗费等在概算时可以忽略。

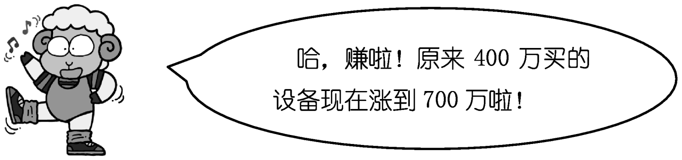
表13-2为冲压设备冲次成本计算示例。

表13-2　冲压设备冲次成本计算

设备总价	折旧年限	每小时设备分摊价格	主电动机功率	功率因数	每小时电耗花费	每小时总计花费	每小时冲次数	冲次/元
…	…	…	…	…	…	…	…	…

注：1. 设备总价包括设备到厂价、安装费、保险费等使用杂费，也可按设备到厂价及安装费简单计算，如果要精确计算需再减去设备残值。

2. 设备折旧一般按10年计算。
3. 每小时设备分摊价格＝设备总价÷折旧年限。
4. 功率因数一般选50%～70%。
5. 电耗花费每小时＝主电动机功率×功率因数×电价。
6. 总计花费每小时＝每小时设备分摊价格＋每小时电耗花费。
7. 元/冲次＝每小时总计花费÷每小时冲次数。
8. 当一个冲次冲压一个零件时，生产零件数＝冲压冲次；当一个冲次同时冲压两个零件时，生产零件数＝冲压冲次×2，依此类推。
9. 如果冲压生产线设有废料输送带，需将其费用按比例分摊到生产线上各冲压设备中。



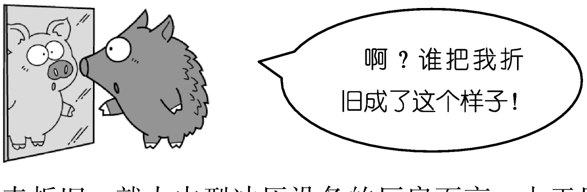
4. 冲压人员成本

冲压人员分直接冲压生产工人和冲压辅助工人。辅助工人包括零件返修人员、运输吊运人员、入库人员、检查人员等，因厂而定。

冲压生产工人的成本计算：假设某冲压工序生产工人为4人，每人每天工作8h，每月工作21天，如果每人的月成本(包含各项杂费，以下类同)为3000元，则

$$此工序每小时的直接冲压成本=(3000\times4)\div(21\times8)$$

5. 厂房折旧



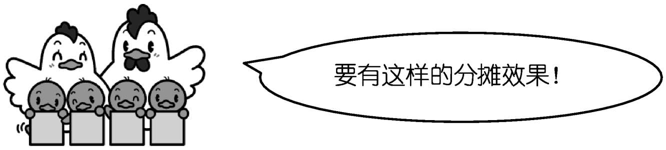
厂房一般按20年来折旧。就大中型冲压设备的厂房而言，由于厂房高，设备基础深，造价较高，如果不计土地成本，一般总体上每平方米的平均造价为1500～2000元/m^2。

一个冲压厂房里面可能有大大小小各类设备，厂房面积该如何分摊？

对于一跨设一条均布冲压生产线的厂房，按一跨的总面积分摊到线上各台设备上去。

对于一跨设几大类设备的厂房，按各自分布的区域算出占有面积的比例，厂房内的其他面积按比例酌情分摊。

对于模具修理和冲压件库房等附属面积也可以按设备大小的比例进行分摊。



分摊到每台设备上的厂房面积按时间折旧后，换算成一小时折旧的金额(时间按设计设备年时基数算)，再按设备每小时冲压次数进一步换算成为每道工序分摊的金额。

6. 工位器具费用

计算此项费用，一是用来预测此项的花费额度，二是对外协件或外购件进行成本核算。

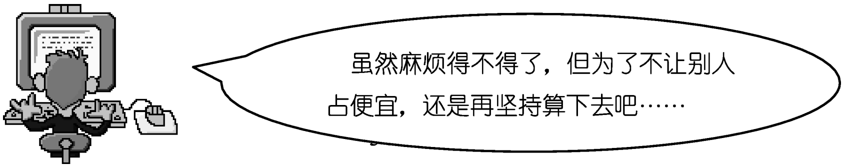
计算工位器具的基础条件如下：

① (预计)每个零件架的装件数。

② (预计)每个零件架的使用寿命或周转使用次数。

③ (预计)工序间的工位器具数量、装件数及使用寿命(循环使用次数)。

④ 每个零件架的制作成本。



$$\text{每件使用工位器具的成本}=\frac{\text{工位器具的制造成本}}{\text{工位器具循环使用次数}\times\text{工位器具的装架数量}}$$

7. 冲压管理费用

冲压管理费用有多种计算方法，这里介绍可对冲压管理费用做详细分解的算法供参考：

$$\text{每小时冲压管理费}=\text{每小时一个冲压生产工人的花费}\times\text{冲压管理系数}$$

1) 计算冲压管理系数的基础数据：

① 冲压辅助人员与冲压生产人员的比例，即“冲压比例人员”。例如，50 个冲压生产人员需要 5 个冲压辅助人员，那么“冲压比例人员” =5/50。

② 每小时“冲压比例人员”的比例成本 $F_{冲压}$。如果一个冲压辅助人员每天工作 8h，每月工作 21 天，月花费 3000 元，“冲压比例人员”为 5/50，那么：

$$F_{冲压}=3000\div(21\times8)\times5/50$$

③ 冲压辅助消耗，如厂内物流成本、辅具、辅料等，按小时与“冲压比例人员”进行折算，其值为冲压辅助比例费用 $D_{冲压}$：

$$D_{冲压}=(\text{每小时桥式起重机费用}+\text{每小时叉车费用}+\text{每小时辅具费用}+\text{每小时辅料费用})\times\text{“冲压比例人员”}$$

辅具、辅料费用按预计生产件数及相应生产时间来计算，如果花费不多可忽略。

以下项目的比例人员及比例费用的计算类同。

④ 模具修理人员与冲压生产工人的比例，简称“模修比例人员”。

⑤ 每小时“模修比例人员”的比例成本 $F_{模具}$。

⑥ 冲压设备修理人员与冲压生产工人的比例，简称“设备比例人员”。

⑦ 每小时模修的零配件、工具、辅料、辅具的“模具修理比例费用” $D_{模具}$：

$$D_{模具} = 每个模具修理人员每小时的人均修理费用 \times “设备比例人员”$$

$D_{模具}$可以将模具修理场地占用的厂房折旧（或租金）也计算进去。

⑧ 每小时“设备比例人员”的比例成本 $F_{设备}$。

⑨ 每小时“设备比例人员”修理设备所用工具和零配件的“设备修理比例费用” $D_{设备}$。设备修理费用是一个变化的值，计算时可取均值。

$$D_{设备} = 每个冲压设备修理人员每小时的人均修理费用 \times “设备比例人员”$$

⑩ 技术人员、其他行政管理人员（要除去不相关的其他车间的管理人员）、车间管理人员与冲压生产工人的比例，简称“行政管理比例人员”。

⑪ 每小时“行政管理比例人员”的比例成本 $F_{管理}$。

⑫ 每小时“行政管理比例人员”的办公费用为“管理比例费用” $D_{管理}$。办公费用包括办公室的折旧费用、办公用品及办公附属设施的费用。

$$D_{管理} = 每个行政管理人员每小时的人均管理费 \times “行政管理比例人员”。$$

2）冲压管理系数的计算：

一道工序（一个冲次）每小时的管理费用≈

$$[(F_{冲压} + F_{模具} + F_{设备} + F_{管理}) + (D_{冲压} + D_{模具} + D_{设备} + D_{管理})] \times 一道工序所需冲压生产人数$$

冲压管理系数 = 一道工序（一个冲次）每小时的管理费用 ÷ 一个冲压生产工人每小时的成本

一个零件的管理费用 = 各道工序每小时的管理费用之和 ÷ 每小时生产零件数

计算冲压管理费用较烦琐，有些外资公司按照以下简化方法计算一个零件（一道工序）的管理费用：

材料管理费：材料价格 ×（10% ~15%）

冲压管理费：冲压成本费用 ×（18% ~23%）

13.2.3 冲压成本的汇总计算

表 13-3 为冲压工序成本计算示例，表 13-4 为一个冲压零件成本概算示例。

表 13-3 冲压工序成本计算

每小时设备动力费用	每小时厂房折旧	每小时模具折旧	每小时一个生产工人成本	操作人数	每小时总计生产工人成本	每小时管理费用	每小时总计	每小时生产件数	成本/(元/件)
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

注：1. 设每一冲次生产一个零件，如果一个冲次生产两个以上的零件，每件成本还需再除以一个冲次生产的件数。

2. 一个零件的冲压成本 = 该零件各道工序的冲压成本之和。

3. 每小时管理费用 = 一个直接冲压生产工人每小时花费 × 管理系数。

为了简化冲压成本概算，可按每台设备的平均生产节拍计算出每台设备的冲次成本，列出“冲压冲次成本表”，用于备查，使用起来很方便。

对于生产节拍相差较大或需要较精确数据的情况，可以在表格的基础上做上下浮动或另外计算。

表 13-4　一个冲压零件成本概算　　（单位：元/件）

冲压各序成本之和	材料	开卷/剪切	工位器具	包装	外部运输	总计冲压成本
…	…	…	…	…	…	…

注：1. 每件包装费用 = 一箱包装费用 ÷ 一箱零件件数，如果一箱有几种零件，按零件大小及重量分摊。

2. 每件外部运输费用 = [每运次油耗 × 每升油价格 + 过路过桥费 + (每小时司机成本 + 每小时汽车折价 + 每小时税费) × 每运次耗时] ÷ 每次运输件数。

3. 每件开卷/剪切费用计算详见专文。

在外协、外购、代加工的冲压成本中，厂房折旧、模具折旧、工位器具消耗等费用可以视情况而定，如果想要争夺某个代加工项目，为了降低费用厂房折旧等项可以不算。另外，如果设备的成本已经折旧完毕，那么设备的折旧也可不算或少算，以增加冲压价格的竞争优势。

冲压的利润和税费应在冲压成本的基础上计算。

思　　考

1. 冲压成本由哪几项组成？
2. 设备和厂房一般按什么年限折旧？
3. 管理费主要包含哪几项？

13.3　开卷料怎样概算成本

1. 开卷成本计算要素

1）开卷线开卷频次，即单位时间可以开多少片材料，其中包含开包等辅助时间。

2）开卷人数及人员工资(包括杂项)。

3）开卷线的总价。

4）开卷线的总功率。

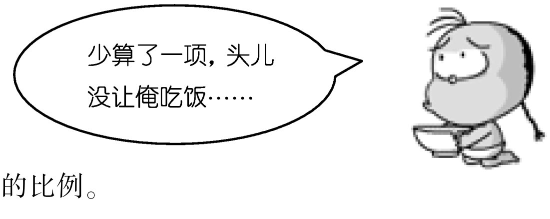
5）电价。

6）开卷线的设备年时基数。

7）厂房占地面积。

8）桥式起重机功率。

9）桥式起重机调适钢卷的时间占开卷时间的比例。



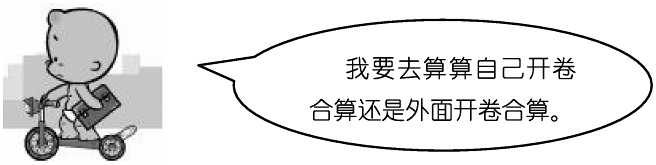
2. 开卷线开卷成本计算

表 13-5 为开卷线开卷成本概算示例。

表 13-5　开卷线开卷成本概算

开卷线折旧/(元/h)	开卷线总功率×0.9	开卷电耗/(元/h)	开卷人工成本/(元/h)	桥式起重机折旧/(元/h)	桥式起重机电耗/(元/h)	厂房折旧/(元/h)	管理费/(元/h)	开卷费用总计/(元/h)	开卷频次/(片/h)	每片费用/元	每片可剪件数	每件费用/元
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

注：1. 开卷线和桥式起重机的折旧年限为 10 年。
2. 开卷线总功率×0.9，其中 0.9 为设备利用率。
3. 开卷电耗 = 开卷线总功率×0.9×每度电价。
4. 桥式起重机成本 = 桥式起重机总功率×设备利用率×每度电价。
5. 厂房折旧 = (开卷线占地面积×厂房造价)÷厂房折旧年限，厂房折旧年限一般按 20 年计算。
6. 管理费 = 分项管理人员工资(元/h)+分项设备维修人员工资(元/h)+分项设备维修费用估算，其中分项表示与开卷线有关的人员及维修费。
7. 每片费用 = 开卷费用总计÷开卷频次；每件费用 = 每片费用÷每片可剪件数。

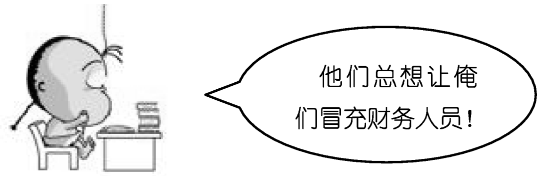


思　　考

1. 开卷概算需要什么基本条件？
2. 开卷一片料如何计算？

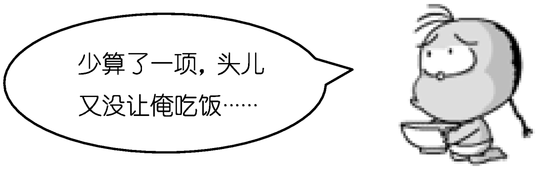
13.4　怎样概算剪切成本

计算剪切成本，可以使工艺人员明确：
① 在剪切下料时，多剪一刀是否比材料小边料再利用费用更高。
② 对冲压件的整个工艺流程费用有一个全面的了解。



1. 剪切成本计算的基础条件

1）剪板机的总价。
2）剪板机的总功率。
3）剪板机的设备年时基数。
4）剪板机单位时间的剪切刀次。
5）计算每片毛坯材料的剪切刀次。
6）剪板机的操作人数。



2. 剪切成本概算

表 13-6 为剪切成本概算示例。

表 13-6　剪切成本概算

剪板机折旧/(元/h)	剪板机总功率×0.9	剪切电耗/(元/h)	桥式起重机折旧/(元/h)	桥式起重机电耗/(元/h)	剪切人工成本/(元/h)	厂房折旧/(元/h)	管理费/(元/h)	剪切费用总计/(元/h)	剪切刀次/(次/h)	剪切零件数/(件/h)	剪切零件/(元/件)
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

注：1. 剪板机和桥式起重机按 10 年折旧，如果和开卷线共用桥式起重机，按使用时间比例计算。
2. 剪板机和桥式起重机的总功率×0.9，其中 0.9 为设备利用率。
3. 剪板机和桥式起重机的电耗 = 设备总功率×0.9×每度电价。
4. 厂房折旧 =(剪板区域占地面积×厂房单位造价)÷厂房折旧年限，厂房折旧年限一般按 20 年计算。
5. 管理费 = 分项管理人员工资 + 分项设备维修人员工资 + 分项设备维修费用估算，其中分项表示与开卷线有关的人员及维修费。
6. 剪切零件数 = 剪切刀次÷每个零件的剪切刀次。
7. 每个剪切零件费用 = 剪切费用总计÷剪切零件数。

思　　考

1. 概算剪切成本需要什么条件？
2. 剪切成本的主要组成部分有哪些？如何计算？

第 14 章　操 作 安 全

14.1　光电保护装置有什么特点

冲压生产中常用的安全设施除了小型压力机使用的电磁吸盘外，主要是光电保护装置。

从 1952 年世界上诞生第一台光电保护产品，距今已有 60 年历史。安全光幕产品进入我国的时间集中在 20 世纪 90 年代初期，其中汽车行业、电子行业里的冲压生产由于其特殊性，成为了重点的应用行业。

冲压是一个有较高危险性的行业，冲压事故中，在模具区内手工作业造成的伤害事故高达 90% 以上，因此安全保护装置是必不可少的。本章重点介绍冲压生产中普遍应用的光电保护装置。

光电保护装置通过发射红外线，产生保护光幕，当光幕被遮挡时，装置发出遮光信号，控制具有潜在危险的机械设备停止工作，避免发生安全事故。

光电保护装置的性能评价指标包括保护高度、分辨率、安全等级。

14.1.1　光电保护装置分类

根据安装方式的不同，光电保护装置分为两类。

1. 固定式光电保护装置

固定式光电保护装置可放置在压力机立柱上或开式压力机的工作台旁，如图 14-1 所示。该装置对尺寸接近工作台边缘的模具或小压力机比较适用。根据操作的需要，保护位置可绕安装点作少量调整。

一般设备生产厂是将大中型设备光电保护装置放在立柱的四角外侧。此类安装方式使工人的操作距离增大，生产率会受一定的影响。

2. 位置可灵活变动的光电保护装置

光电保护装置锁紧在压力机滑块的 T 形槽上，或磁吸到滑块上，安装位置可以根据模具的大小灵活变动。其特点是在使用一些相对滑块前后单边尺寸小数百毫米的模具时可以较显著地提高生产率，如图 14-2 所示。

可灵活变动的光电保护装置按保护性能分为反射式、对射式、区域保护式三种。

14.1.2　光电保护原理

1. 反射式光电保护装置

反射式光电保护装置(见图 14-3)指发光单元、受光单元都在同一传感器内，发光单元发出的光通过反射器反射回受光单元，从而形成保护光幕的光电保护装置(见图 14-4)。

反射式光电保护装置的保护长度可达 0.2～8m。

红外反射式光电保护装置分单面和双面，安装方式多样，使用较灵活。

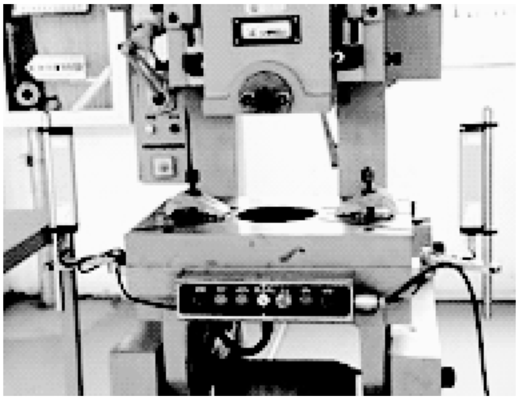


图 14-1　装在工作台上的保护装置(压力机保护器)

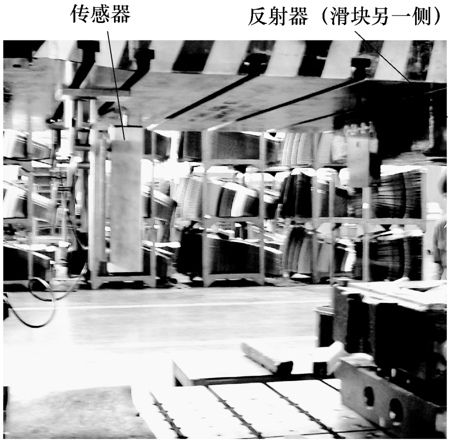


图 14-2　装在滑块上的光电保护装置

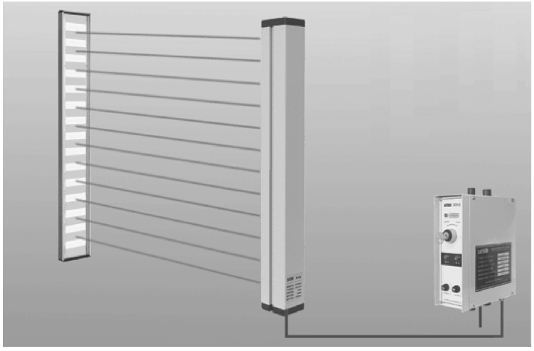


图 14-3　反射式光电保护装置

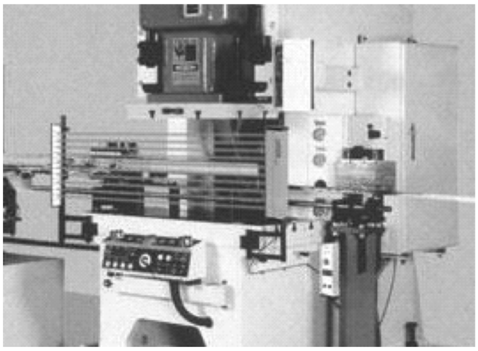
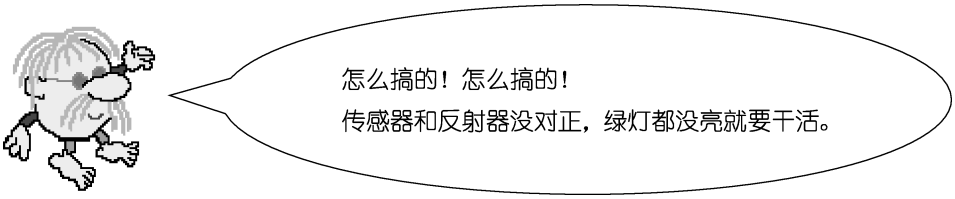


图 14-4　光电保护光幕



2. 对射式光电保护装置

对射式光电保护装置(见图 14-5)是指发光单元、受光单元分别在发光器和受光器内，

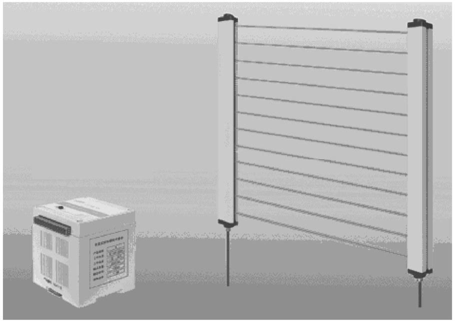


图 14-5　对射式光电保护装置

发光单元发出的光直射到受光单元，从而形成保护光幕的光电保护装置。对射式光电保护装置的保护长度可达0.2～15m，用在小型压力机上比较多。

3. 区域保护用光电保护装置

区域保护用光电保护装置是在对射式光电保护装置的基础上，利用平面反光镜改变光线的传输方向，从而形成两面或三面保护光幕的光电保护装置。

一般区域保护用光电保护装置保护长度为12m(两面)、8m(三面)。

14.1.3 光电保护装置的组成(见图14-6)

反射式光电保护装置是由控制器、传感器、反射器和传输线四部分组成。对射式光电保护装置是由控制器、发光器、受光器和传输线四部分组成。区域保护用光电保护装置是由控制器、发光器、受光器、反光镜和传输线五部分组成。

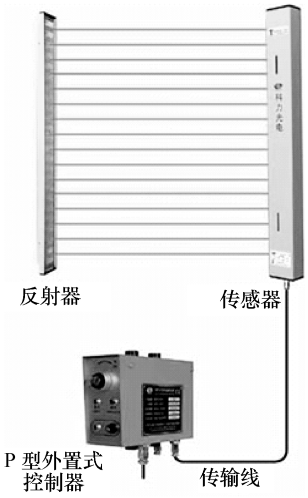


图14-6 光电保护装置的组成

1. 控制器

控制器为发光器，由受光器提供电源，处理传感器或受光器传输过来的光幕通光或遮光信号，控制机床制动电路或报警器报警。

控制器有P型外挂式、Q型内置式、K型内置式等几种形式。P型外挂式控制器又分为单面控制和双面(前后面)控制两种形式。双面控制，即一个控制器处理两个传感器(或两套发光器和受光器)的信号，用于需要双面保护的机床。内置式控制器只能实现单面控制。

2. 传感器

传感器是发光单元和受光单元的组合，作用是发射和接收光信号，并通过发射器形成保护光幕，监控光幕的通断状态，并将光幕的通断状态信号通过传输线送到控制器。

3. 反射器

反射器是对光线进行全反射的部件，其作用是将传感器发射的光信号反射回传感器，并与传感器配合形成监控保护光幕。

4. 传输线

传输线用以传输传感器(或发光器、受光器)和控制器之间的信号。

5. 发光器

发光器是发光单元的组合，其作用是对来自发光器的光信号进行处理，与发光器配合形成保护光幕，并将光幕的通断状态信号通过传输线送到控制器。

6. 受光器

受光器是受光单元的组合，其作用是对来自发光器的光信号进行处理，与发光器配合形成保护光幕，并将光幕的通断状态信号通过传输线送到控制器。

7. 反光镜

反光镜的作用是将反光器发射的光信号按一定角度反射至受光器，从而形成多面监控保护光幕。

14.1.4　安装在滑块上的光电保护装置的使用方法

图 14-7 所示为光电保护装置作业高度示意图。

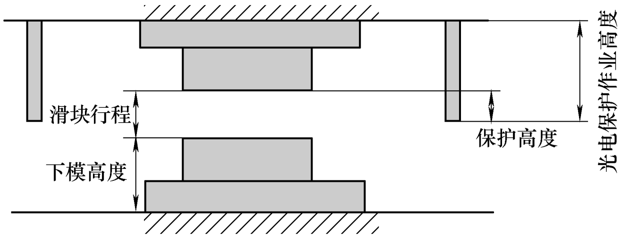


图 14-7　光电保护装置作业高度示意图

1. 大中型压力机光电保护装置作业高度的确定

光电保护装置的高度与滑块的行程长度和模具的高度有关。光电保护装置的高度要在滑块的行程长度之内。

光电保护装置的作业高度≥上模高度(上模手工操作区域内的最大高度)+(300~500)mm 保护高度

光电保护装置的高度视零件的大小、手工操作位置、操作难度、设备大小及设备急停的反应速度而定。光电保护装置的高度超过 500mm，可能会对生产率带来一定的影响。原则上光电保护装置的高度在不与设备发生干涉和不会显著影响生产率的情况下越大越好。

光电保护装置的作业高度(总安装高度)<模具作业高度-(20~50)mm 安全空间

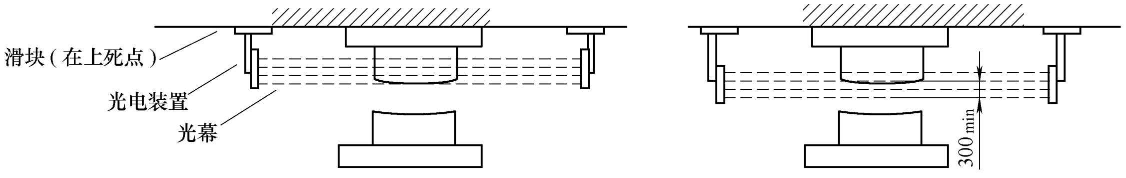
如果滑块在下死点位置，光电保护装置的总安装高度若大于模具高度，将会与工作台发生碰撞。

光电保护装置长度的确定举例如下：

一台设备常用的模具最大作业高度是 900mm，最小作业高度是 450mm，滑块的行程是 500mm，那么光电保护装置在调节到最小长度时，加上固定架突出的部分，作业高度就必须略小于 450mm。对于作业高度是 900mm 的高模具，就要将光电保护装置向下调节，使光幕的照射范围处于上模下低点 300mm 以下的范围。如果出现模具小、滑块大且操作时要探身进入滑块内区域，或模具大、零件小且手要深入模具内部区域等情形，保护光幕就要处于上模下低点以下 400mm 甚至更长的范围。

图 14-8a 所示为光幕高于上模下平面，所以位置错误；图 14-8b 所示为光幕处于上模下

低点 300mm 以下范围，滑块落下时可有最小 300mm 以上的保护空间，所以位置正确。

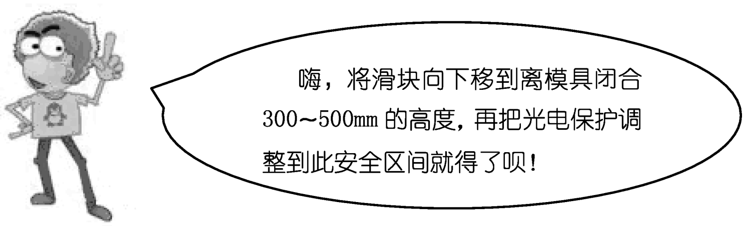


a)　　　　b)

图 14-8　光幕位置正误示例

a）位置错误　b）位置正确

若出现为适应设备上的低模具，使高模具出现图 14-8a 所示的情况，就要考虑重新安排设备了。



2. 光电保护装置与模具横向安全距离的确定

由于设备急停有一定的反应时间，所以光电保护装置要在模具前、后两面留有一段距离。

光电保护装置放置的位置要考虑传感器的检出功能、机器停止时间、人体的侵入速度等因素，以便使用公式计算出危险与设置部位的距离。

安全距离的计算公式（ISO 13852—5）为

$$安全距离\ S = KT + C$$

式中　K——人体的侵入速度；

T——整个装置系统的响应时间；

C——由受检物体算出的追加距离。

安全距离也可以查图 14-9 得出。

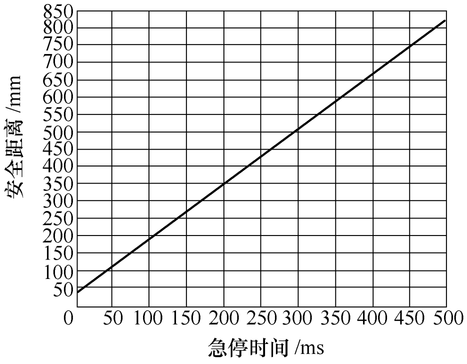


图 14-9　安全距离计算

由图 14-9 可见，设备急停时间越长，光电保护装置安装的位置离模具操作位置的横向距离就要越大。

图 14-10 为光电保护装置横向安装位置示意图。

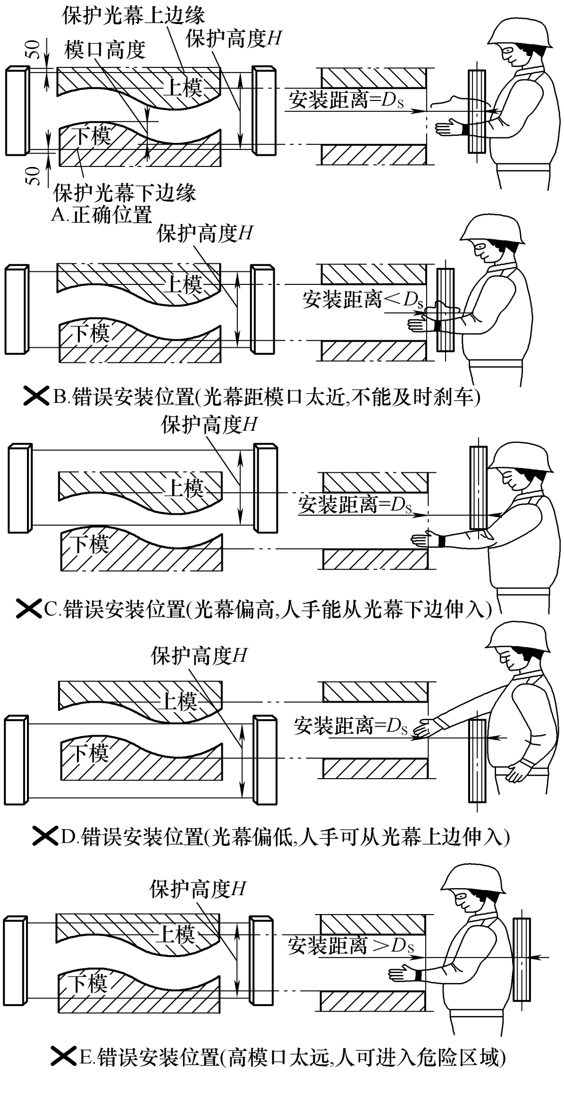


图 14-10 光电保护装置横向安装位置示意图

14.1.5 光幕传感器参数的制订

1）光轴数，即发射光器件与接收光器件的数目。此参数与发射器和接收器的长度有关，也与光轴间距有关。

2）光轴间距，即两个红外光之间的距离。光轴间距越小越可以检测出更小的物体。

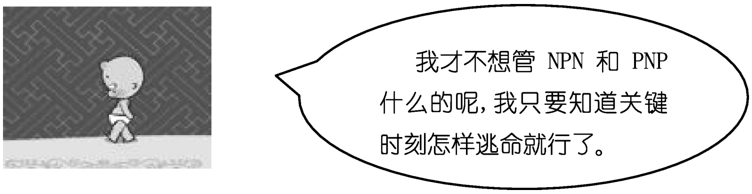
光束密度的多少决定了身体多大的体积能通过光幕被检测到。按照人体工程学的数据，成年人的手指直径应不少于 14mm，手掌厚度不少于 30mm，手腕直径不少于 40mm。例如，如果使用的光幕光轴间距是 40mm，光轴直径是 20mm，它的分辨率是(40 + 20)mm = 60mm，

那么手指、手掌、手腕及手臂都有可能通过光幕而不会被发现。因此，如果想获得更高的安全性，需使用较高分辨率的光幕。

3）对射距离，即发光器与接收器之间保证能正常工作的最大和最小距离。此参数与工作台的长度有关。

4）响应时间，即光电保护装置从检测出异常到保护开始的时间。响应时间越短，越可以检测到高速通过传感器的物体。

5）信号输出，通常有 NPN 输出、PNP 输出和继电器输出等，高档的还配有串行口和 USB 接口，可以连接电脑，并计算出物体的长度和高度(高级应用)。



14.1.6 光电保护装置的安全要求特点

1）具有完善的自检功能，即当光电保护装置失电或自身出现故障时，确保不向所控制的电器发出错误信号。

2）抗干扰能力强，即对电磁信号、频闪灯光、焊接弧光及周围光源具有良好的抗干扰能力。

3）光线的发射角度必须符合国际电工委员会的相关安全标准。

4）具有良好的抗振性能。

5）可根据用户要求设置自保功能，如当光幕被遮挡时，压力机滑块停止运行，再次接通光线，压力机不能运行，必须按动复位按钮后，压力机滑块才能再次起动。

6）结构简单，接线方便：信号电缆采用航空插件连接。

7）快速响应能力：响应时间小于 20ms，最大限度的避免了危险。

8）双继电器安全信号输出，最大限度地增强了输出信号的可靠性。

9）可提供 NPN、PNP 输出，此时用户应保证机械设备的后续控制电路安全可靠。

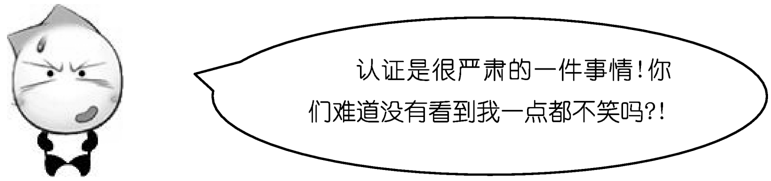
10）需要保护的区域不在一个平面时(如同时需要垂直保护和水平保护)，光电保护装置可串联使用。

11）通用性强，对光容易。

12）使用寿命长：继电器有效输出次数大(如 100 万次)，达到使用寿命后，可更换。

13）利用 LED 显示工作状态和故障状态，便于使用和故障判断。

14）光电保护装置需遵守的国际标准是 IEC61496-1/2，并且要进行第三方的安全认证。



问题：

① 设备行程为500mm，模具作业高度为800mm，工作台前后尺寸1800mm，模具工作部分前后尺寸700mm，光电保护长度最小为多长？光电保护装置装在模具什么位置比较合适？

② 设备急停时间为150ms，光电保护装置要装在离模具多远的地方合适？

①题参考答案：

可分为三种情况来考虑。

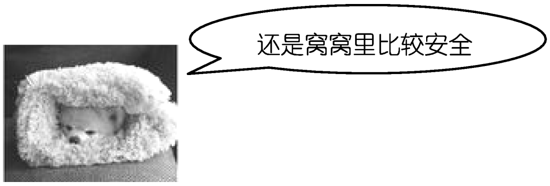
第一种情况，零件的高度较高，操作时要占用较大的设备行程空间；或零件进出料较困难，要求的安全操作空间较大；或者模具比工作台小很多，工人操作时要有一个探腰的过程，要消耗一定的设备行程时间。所以，光电保护的长度宜选用与设备行程接近的保护高度，即400mm左右。

第二种情况，零件的位置较高，用了下置压边圈，当压边圈升起时，设备的实际操作空间变小，保护长度也相应减小，因此可选350mm左右的光电保护高度。

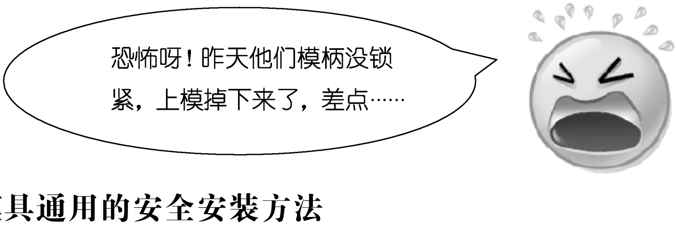
第三种情况，零件的形状较平缓，操作也简单，可以考虑光电保护长度范围在300～350mm，以提高生产率。如果多种规格的模具使用同一设备，就要以保护长度最大的模具来考虑。

思　　考

1. 设备工作台面有4m长，应该选哪一种光电保护装置？
2. 对射式光电保护装置有没有用到反光镜？
3. 开式压力机适合用哪种安装方式的光电保护装置？
4. 在冲裁工序设备的滑块上用磁吸安装光电保护装置，有没有不妥的地方？



14.2　小型模具如何安全安装



14.2.1　小型模具通用的安全安装方法

1）按照模具的冲压力、模具特点、安装高度（保管高度）和作业高度选择正确的安装

设备。

2）松开模柄锁紧螺栓。

3）将滑块降到下死点，用行程测量尺粗测滑块下平面到工作台上平面的距离，如果小于待装模具的安装高度，将设备的闭合高度上调到合适位置。

图 14-11 所示为模具限位示意图。

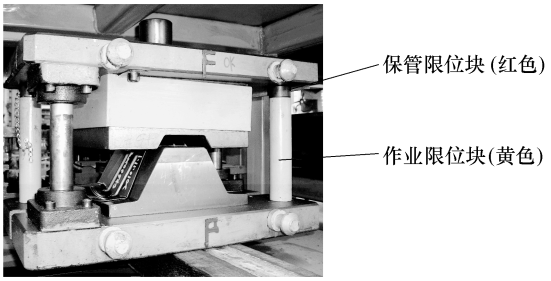
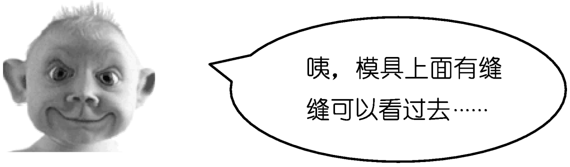


图 14-11　模具限位示意图

4）将模具放在工作台上基本对中，滑块寸动向下，模具模柄进入设备模柄孔。

5）寸动(微调)滑块向下与模具上平面相接触，观察模具上平面与滑块下平面是否倾斜。



若有倾斜，此类现象由 4 种情况造成：

① 模具工作台、滑块面上或模具上下设备接触面有杂质未清理干净。

② 模具被打开过，合模时未对正，导向装置卡模，造成模具假象偏斜。

③ 模具上下模方向装反。

④ 滑块与工作台的平行度精度超差。

对出现的上述情况，要纠正后才能继续装模生产。

6）锁紧模柄。若模柄锁不紧，说明可能存在两个问题，第一是模柄小于规定要求，即一般模具的模柄直径要略大于设备模柄孔 0.3mm 以上才能做到有效锁紧；第二是模柄锁紧螺栓滑丝。

7）锁紧模具(见图 14-12)。

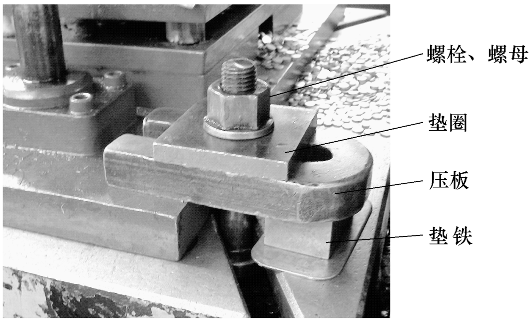


图 14-12　锁模用具示意图

锁模要注意以下几点：

① 垫铁原则上垫一层，如果两层以上叠放，在冲压振动下可能会出现垫铁之间的滑移甚至脱落。

② 垫块原则上垫一层，以免垫块(尤其是带油垫块)在冲压中出现层间位移，并带动下模相对于上模位移，损伤模具。

③ 压板要水平压模。

④ T 形槽用螺栓的长度要高于螺母，且螺栓、螺母没有滑丝现象。

⑤ 垫铁、垫圈的平面没有变形现象。

⑥ 如果采用合成的锁模用具，要注意避免因与工作台接触面积小而产生的台面变形。

⑦ 锁模要对角锁紧。

⑧ 如果模具的上模相对较大、较重，上模也要增加螺栓锁模。

8）滑块升起到上死点，打开模具，取下模具保管块，查模具无异常后，再通过行程尺测量滑块上下限位之间的距离，将滑块寸动微调至模具的工作高度，并将闭合高度的调节螺母锁紧。

9）用寸动试运转滑块一周，检查有无问题。如果没有问题，再清洁模具，试冲压，调整设备参数如气垫压力等。

注意气垫压力不能超过设备的许用压力。

14. 2. 2　模具安装的特殊注意事项

1. 冲裁模

1）如果废料孔在工作台废料孔之外，要加垫等高垫块，以给废料孔留出下落空间，防止因废料无法排出而胀裂模具。

2）垫块的放置位置要能保证模具的下模板不弯曲变形(垫块要等高,配磨加工)。

应在模具无废料处的后侧横向加一垫块，前侧再加一小垫块以支撑模具，如图 14-13 所示。

锁模位置要承受锁模力，如果此处悬空，模板会有一定的变形，在冲压时会产生跳动，甚至锁模用具会逐渐脱离模具，造成模具错位，如图 14-14 所示。

对于容易出现安装问题的模具，需进行模具改造，增加固定垫块。

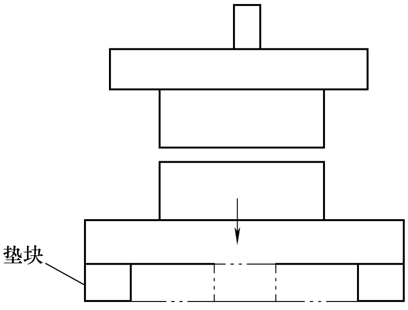


图 14-13　在中部、后侧增加垫块防止下模板弯曲

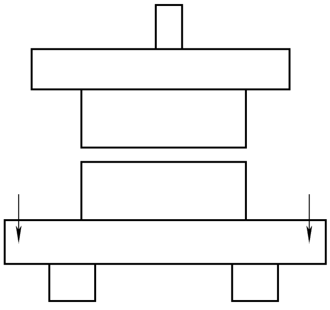


图 14-14　垫块位置不当易造成锁模处模板变形或锁模不牢

2. 拉深、弯曲模

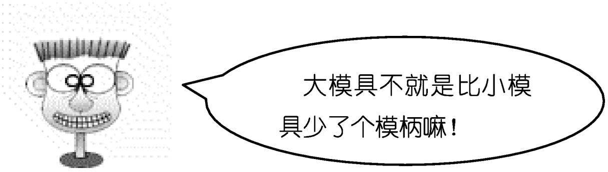
安装时模具内最好放有标准样件，以保证其合理的上下模间隙。对使用顶杆的模具，要先查顶杆的规格是否正确，如果顶杆有弯曲、不等高现象，要进行更换。

另外要注意，普通开式压力机有时会发生连冲或误操作，因此手是绝对不能进入模具区的，操作时要用电磁吸盘或镊子等工具夹取工件或废料。

思　　考

1. 锁模要注意什么？
2. 安装冲裁模要注意什么？
3. 模柄锁不紧是什么原因？
4. 是否锁模后就可以立即进行生产？

14.3　大中型模具如何安全装模



大中型模具通用的安全安装方式主要有以下几点：

1）清理工作台面及模具上下两个安装平面。

需要注意的是，大型模具下底面的清理要借助于加长的清洁工具，人不可站在模具下面做清洁工作。另外模具吊放在工作台的过程中，模具上可能会有残留的废料豆掉落。

2）使用托杆的模具按照托杆图装好托杆。

① 托杆使用前要检查有无弯曲、不等高、拉伤造成的杆径变化以及带头的托杆头部受损等现象，状态不良要停止使用。

② 往托杆孔里放托杆时，动作要轻，不能野蛮操作，以免造成设备的气垫托板受冲击或带头的托杆头部受损伤，以及设备的托杆支撑孔(台阶孔)变形。

3）滑块升起到上死点，开出工作台，将模具尽量放在设备的压力中心。

模具的几何中心不代表是设备的压力中心，如图 14-15 所示。模具的气垫承力中心和滑块的压力中心主要在拉深一侧，因此装模要基本以拉深工位为压力中心点(视切边工位冲裁力的大小而定)。滑块在模具承重上虽然有些不平衡，但上模重量相对整个冲压力毕竟较小。

4）工作台开进后，用行程尺(与设备行程一致的尺子)检查模具上平面到滑块下平面的距离，调节设备的闭合高度并使之与模具的装模高度相等。如图 14-16 所示。

注意：设备的闭合高度不要调到上下极限点，要各留 10mm 余量以保护设备。

5）滑块落下，两人同时将上模对角锁紧。锁模的正确方法是：第一，压板与模板接触面积要足够，如图 14-17a 所示(图 14-17b 所示压板与模板接触面积不足,易发生危险)；第二，为加大模具的紧固力，螺栓位置要尽量接近模具的模板，如模具的紧固力为 4t，其中施加于垫铁的力为 1.5t，施加于模具的力为 2.5t，如图 14-17c 所示(图 14-17d 所示螺栓位置离模具的模板较远,虽然模具的紧固力也为 4t,但其中施加于垫铁的力为 2.5t,施加于模具的力仅为 1.5t)；第三，压板要放平，使模板高度和垫铁高度一致，如图 14-17e 所示(图 14-17f

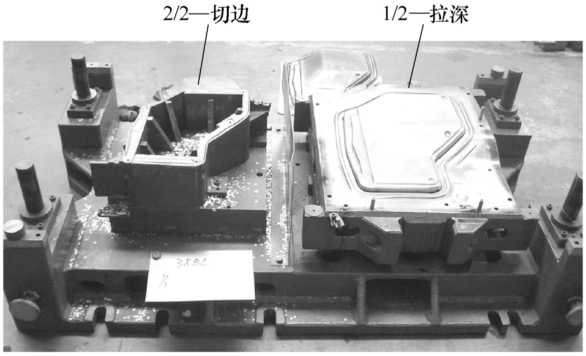


图 14-15　双槽模示例

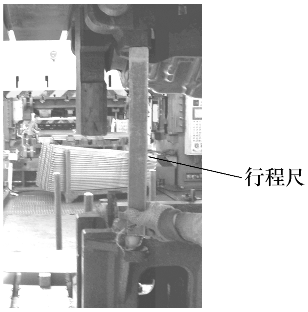


图 14-16　用行程尺测量设备行程

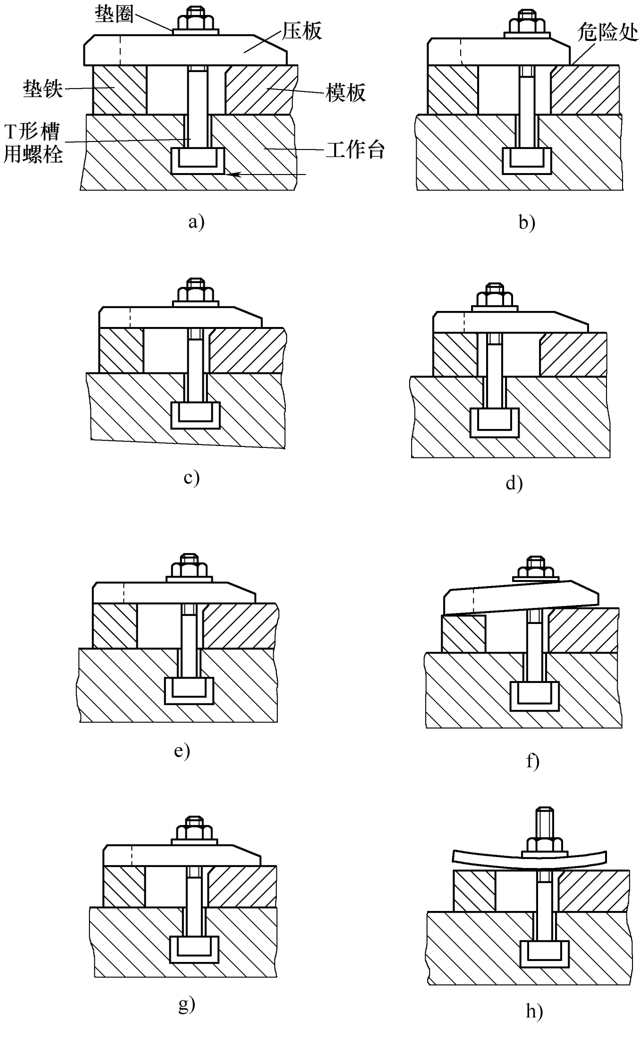
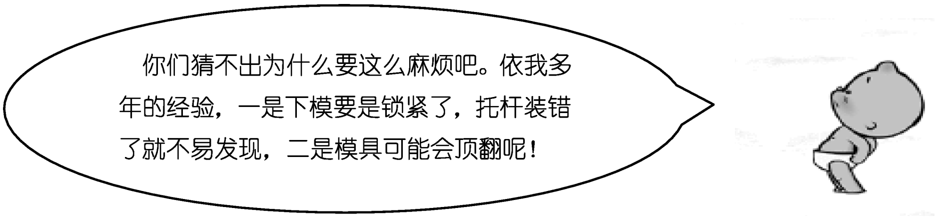


图 14-17　安全锁模的方法

所示模板高度和垫铁高度不一致，压板没有放平）；第四，压板不宜太薄，如图 14-17g 所示（图 14-17h 所示压板厚度不足，易弯曲）。

6）下模松套上螺栓、螺母，即离锁模状态有 10mm 左右的距离，滑块下降后回程到离模具上平面 100～150mm 的距离时，升起气垫，试托杆是否放对位置，如果托杆没有进入模具相应的托杆孔，就会将模具顶起。



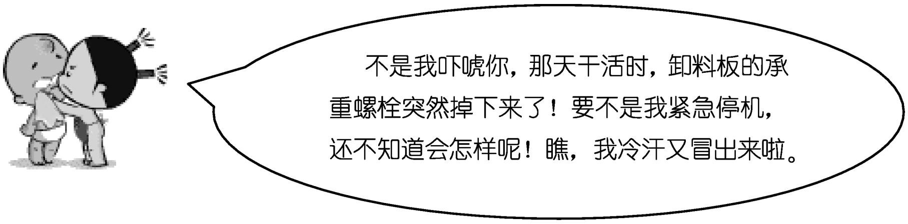
7）托杆安装无误后，降下气垫，滑块下降到与模具上平面接触，两人同时将下模对角锁紧。

8）用寸动升起滑块，取下保管块，将滑块升到上死点。

将行程尺放在模具下模的限位面上，查与上模限位接触面的距离，调整设备的闭合高度。

9）用寸动开一个动作循环，检查模具安装是否正确。

10）模具打开后，清理及检查模具有无异常。



11）对模具的导向部位进行清洁和润滑。

12）调整冲压工件所需的压力和速度，进入生产状态。

思　　考

1. 试托杆安装位置为什么要将滑块升到回程向上 100mm 左右？
2. 模具锁模是否是锁完一个螺栓再锁一个？
3. 怎样及时发现托杆装错位置？

14.4　怎样减少冲压噪声

14.4.1　冲压噪声的危害

噪声：日常生活中，凡是人们不需要的声音都可称为噪声。噪声是由于物体振动产生的。

噪声是危害人们健康和污染环境的一大公害。冲压车间的噪声一般为 90～110dB（分

贝）。国标 GBJ 87—1985 中规定，连续操作 8h 以上的作业场所，噪声不得超过 90dB。

噪声不但影响了冲压人员的听觉，影响了信息的传达，还会引起其他疾病，因此要尽量减少噪声。

14.4.2　冲压噪声的来源

1）冲压设备的系统噪声。

2）模具冲压时产生的噪声。

3）冲压操作产生的噪声。

4）冲压附属装置产生的噪声。

14.4.3　减小噪声的措施

1. 冲压设备的系统噪声

1）购买设备时，对设备生产厂家提出噪声控制要求，一般要求设备运行噪声控制在 80dB 以下。

2）在设备的底座四角，加垫“阻尼弹簧缓冲垫”。但此方法对液压机要慎用，因为液压管路易随设备的弹性振动而移动，并且有可能造成液压管路与设备共振，使管路抖动，造成管路使用寿命的降低并产生漏油。

2. 减小模具冲压时产生的噪声

冲压时各种类型的工序都会产生一定的噪声，比如拉深时材料流动的噪声等，但噪声最大的主要是冲裁工序。

对冲裁模具噪声的处理，主要有以下几个方面：

1）视模具大小，增加 2 ~4 个冲裁缓冲垫。缓冲垫是由聚氨酯和保护套组成。如图 14-18 所示。

图 14-18　模具缓冲垫实例

2）对冲裁模的工作部分设阶梯形冲裁或波浪刃口，使冲裁力的释放逐渐进行，这样可以减少模具因同时冲裁带来的振动噪声。

3. 冲压操作产生的噪声

冲压操作工在取件和出件，以及扔废料时，为了方便和快速，采用抛扔的形式而产生的噪声。针对这种情况，一是要加强文明生产的教育；二是要做合适的工位器具，并放在合适的位置上，以减少冲压件的搬运距离；三是能连线的模具最好进行连线生产，采用皮带运输机及废料输送带输送冲压件和废料，以减少冲压件及零件叠放、废料冲撞的噪声。

4. 冲压附属装置产生的噪声

如果连线生产用的运输装置不是皮带运输机，而是钢板做的滑道，在冲压件滑动时，会产生摩擦噪声，因此需要作一改进。

如小型零件用压缩空气喷嘴吹卸工件，也会产生强烈的高频噪声，对此可以采用电磁吸盘等手工工具上下料以降低噪声。

5. 降低噪声的措施

给工人配备耳塞，可以减少噪声对工人的干扰。

总之，对噪声的产生源尽可能采取降噪的措施，可以减少噪声 5～10dB。

思　　考

1. 冲压噪声主要是什么原因产生的？
2. 冲压车间 8h 连续作业的环境噪声应该低于多少分贝？
3. 冲裁模具怎样减振？

14.5　冲压模具应有哪些安全措施

我们在使用冲压模具时，经常会遇到各种各样影响使用安全的问题。

14.5.1　冲裁模设计、制造带来的安全性问题

1）冲裁模废料孔易堵塞。废料孔堵塞会造成凹模孔胀裂，导致生产不能继续进行。造成废料孔堵塞的原因可能有以下几点：

① 废料孔不通。

② 废料孔小，下倾角小。

③ 废料孔下落路径拐弯处弯角小。

④ 两个或几个相邻的废料孔道交汇处狭窄。

⑤ 废料没及时清理，如废料孔设在上模，需要人工经常去疏通，易造成疏忽。

⑥ 小型模具废料下出口位于台板孔外，模具未设相应的避让区域，又未加装垫块设置废料下落空间。

⑦ 废料孔不滑顺，不规则废料易变位，易卡死。

是不是就像俺现在一样，塞在这里不能动！

2）废料呈尖角状，操作时易扎伤人体，尤其是废料很长难控制的情况。如图 14-19 所示。

3）冲裁模具未设作业限位，易造成模具刃口吃刀过深，影响使用寿命。

4）冲裁模具未设保管限位，使得模具的卸料弹簧总是处于受压状态，影响寿命。

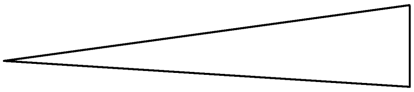


图 14-19　尖形废料

5）模具导向精度差，平行度差，刃口出现偏磨损。

6）模具类似对称，没有装防反装置或设标记，模具装模时易装反，造成刃口啃刀。

7）模具零部件的紧固螺栓未锁紧或松动，可观察到在冲压时，模具的板与板间有随冲

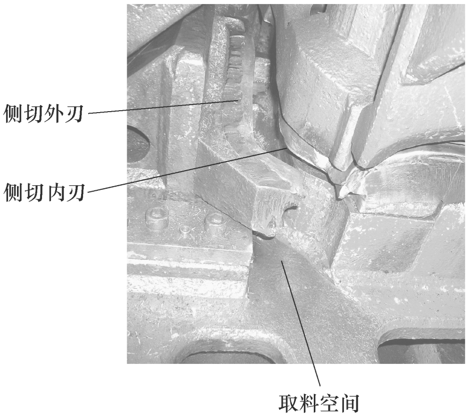
压动作一开一合的痕迹，上下模容易产生微错动。

8）模具的模柄与模具的压力中心不重合。

9）导柱太长，模具在作业高度状态下，导柱伸出上模板。

10）导柱直径小，承受不了冲压力的偏力冲击，无法保证模具的精度。

11）操作空间狭小，废料难取，如图 14-20 所示。



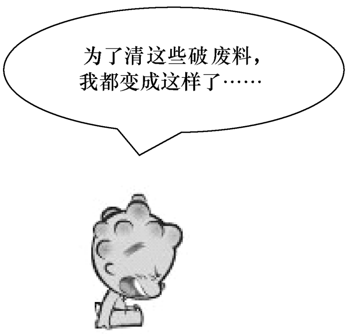
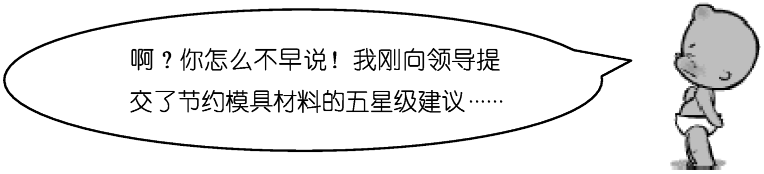


图 14-20　侧切废料空间狭小

12）工作镶块薄弱，受力后易晃动，影响冲压件质量，影响使用寿命。

13）模具安装高度太小，锁模空间不够，难以操作，锁模螺栓还有可能会上下干涉。



14. 5. 2　模具的其他安全隐患及防护措施

1）压双料。模具冲压后，工件卡在模具上，不能自动脱模，需手工撬件。

此种现象产生的原因是：

① 一旦生产节奏被其他意外情况打乱，冲压工就有可能忘记有冲压件还卡在上模未取，又上料冲压，造成压双料，模具挤裂。

② 操作工的责任心不强或安全操作程序未执行到位。

③ 模具上模不能自动脱料。

避免模具卡料的措施是：

① 如果工件的冲压形状或定位形状在冲压后与模具型面有局部卡紧，可使用红丹粉研磨较紧部位。

② 模具上需加退料装置或加大退料力。

2）模具未设作业限位，造成模具吃刀过深，甚至压裂。

3）模具托杆孔位置偏差或余量太小，托杆装上后摩擦托杆周边或难以对正孔位。

4）托杆孔对应压边圈上方位置应有加强筋支撑，因为此处为受力较大的部位，如图 14-21 和图 14-22 所示。

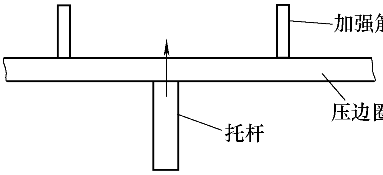


图 14-21 不合理的压边圈受力

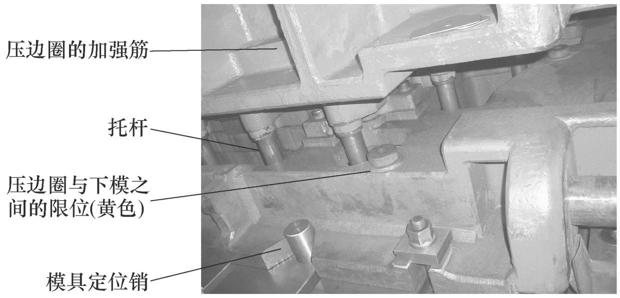


图 14-22 拉深模的部分安全点示例 1

5）压边圈与下模之间要设限位(见图 14-22)，以确定上模与下模型面是否合理到位，防止过调。

6）上模与压边圈之间要设限位块，其作用一是可以微调上下模之间的冲压材料进料间隙，即进料阻力；二是防止拉深模型面在叠放时受压变形，如图 14-23 所示。限位块一般设在压边圈上，设置点要与压边圈的支撑筋对应，以防止在模具调整及正常使用时，限位区域受力太大而变形。

7）对有可能崩出的外露弹簧及上下运动的压边圈活动区域要做防护板，如图 14-23 所示。

8）为防止压边圈的上升距离太大，以致脱离其与下模的导向，造成模具事故，要对压边圈加装安全螺栓，限制其升起高度，如图 14-23 所示。

9）模具要有漏水孔，防止模具清洗后水残留造成模具锈蚀。

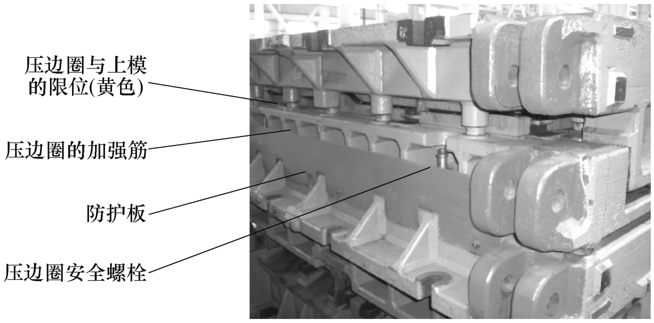


图 14-23 拉深模的部分安全点示例 2

10）使用托杆的单动拉深模(成形模)要做模具定位槽，以保证托杆与模具托杆孔的位置相对准确。

11）模具的导向装置长度要合理，不得出现压边圈升起时与下模导板接触长度短于 20mm，甚至脱离的情况。其他类型模具，也不得出现导板、导柱接触长度过短的情况。

12）锁模槽是模具承重点，因此本身要有足够的强度，如果厚度小，进深小，宽度太大，会造成锁模不牢靠。另外锁模槽位置要与设备的 T 形槽对应。如图 14-24 所示。

13）模具的操作区要有安全空间，以使操作工取出工件后能够尽快脱离危险区域。如图 14-25 所示。

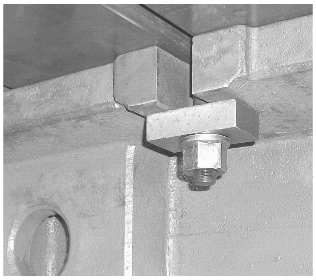


图 14-24　标准的锁模槽示例

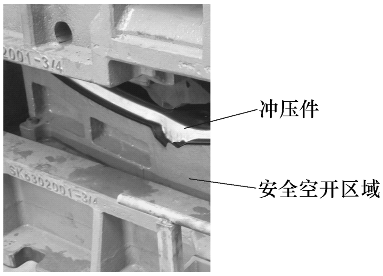


图 14-25　模具安全空间

14. 5. 3　模具使用带来的安全性问题

1）模具脏、有锈，或模具的导向装置有杂质、无润滑油、模具安装面有杂质会造成平行度超差。

2）模具本体零部件的紧固螺栓松动或脱落。

3）锁模螺栓在长时间的振动冲压中松动或锁模方式不正确(见图 14-17)。

4）当设备的闭合高度与模具高度相差较大又无其他替代设备时，需要在模具下垫厚垫块，此时要注意的是，锁模用的垫铁不宜用两块，因为在冲压振动中两块垫铁之间有滑移的危险。如图 14-26 和 14-27 所示。

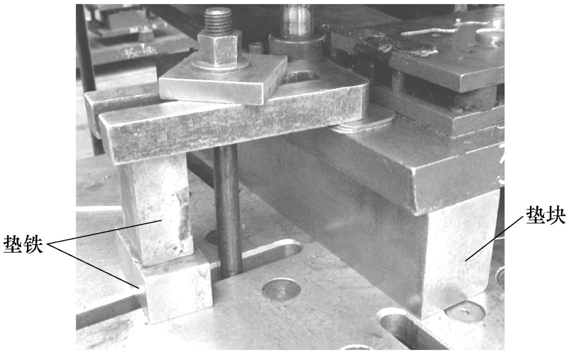


图 14-26　错误地使用两块垫铁

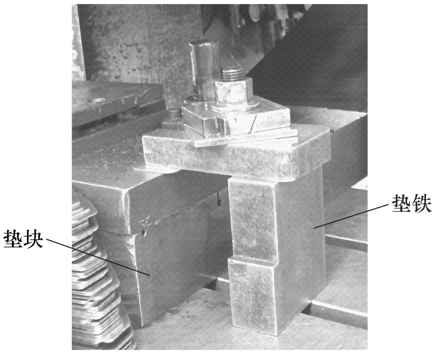


图 14-27　用一个大垫铁相对安全

5）设备超载使用，如压塌块用 45 钢等强度超出标准铸铁的材料自制。

6）模具安装偏心，造成设备受损。

7）模具太大超出了滑块的施力区间，尤其是如图 14-28 所示，模具的受力区域超过了滑块的区域，易使模具的上模板在受力状态下弯曲变形。

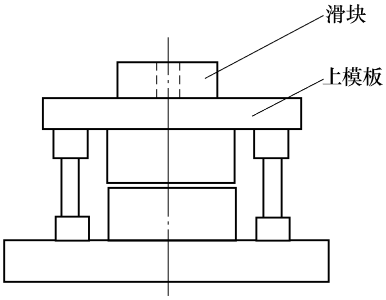


图 14-28　模具受力面积超过了滑块面积

8）托杆、顶杆、打料杆等出现弯曲还继续使用，使其卡在模具或设备里难以取出。

9）托杆、顶杆不等高，使模具和设备受力不均匀，既影响冲压件的质量，也造成模具和设备的导向装置磨损。

10）设备的气垫托板面有废料豆存积，造成托杆不

等高。

11）没有定期清理废料，导致废料胀坏模具。

12）生产完毕后模具上的废料未清理干净，在下次装模过程中落到工作台面，影响了装模的平行度。

13）装模不正，偏心冲压，损坏了设备的平行度，导致模具的精度受损。

14）未装安全保护装置，或保护位置未调整好，致使关键时刻未起作用。

思　　考

1. 冲裁模的废料怎样处理才能保证安全？
2. 模具需要做哪几种限位？各起什么作用？
3. 与托杆对应的压边圈位置有什么特殊点？
4. 模具不清洁会有什么后果？

14.6　模具如何定置管理

定置：各种生产物品及附属物品根据需要，科学地确定其固定位置。

定置率：已定置的物品和应定置物品的比率。

定置图：在定置管理中用于表明物品与场地关系的布置图。

定置管理的原则是，通过工艺路线分析和方法研究，对生产现场中人与物的结合状态加以改善，使之尽可能处于紧密结合状态，以清除或减少人的无效劳动和生产中的不安全因素，从而达到提高生产率和产品质量的目的。

模具定置的意义：

① 便于模具查找，对号入座。

② 有利于模具的安全保护。合理安排模具的存放位置，可以避免模具的变形。

③ 避免非承载地面受损。如车间存放模具的地面承载设计是每平方米8～10t(根据用户需求确定)，如果模具未按要求定置，那么地面承载力低的区域可能会发生压裂或压塌的情况。

1. 模具定置的原则

1）同一生产线上同一零件的模具要放在一起，方便查找。

2）模具要按其承重的能力来确定叠放的高低位置。带限位装置的拉深模具一般放在最下面，带保管装置的切边模及其他模具依次叠放在上面。

3）对没有限位装置及导向装置的模具，上面不能叠放模具。

4）一般是尺寸接近的模具叠放在一起，或尺寸大的模具放在最下层，但当尺寸相对较大的模具强度较弱，上面叠放重模具易对其造成挠度变形时要例外。

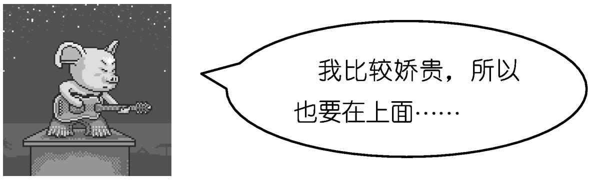
5）模具要尽量就近存放，以缩短桥式起重机的吊运行程。

6）尺寸较接近的模具排列在一起，以减少通道占地面积。

7）模具要便于查找。

8）通道宽度为0.8～1.0m。

9）模具叠放高度：小型模具最上一层不高过 1.7m，大中型模具 3 层叠放，中型模具要低于 2.0m，大型模具要低于 2.3m。



2. 模具定置图如何制作

1）为便于查找，将车间同一跨的模具按立柱标号分为若干个编号区域。

2）按模具的叠放位置分为底层、中层、上层。

3）将模具按“坐标”位置定置并编号，画出“模具区域位置图”，如图 14-29 所示。

如图中 A1 表示模具位置在 A 区，横坐标位置在立柱④和⑤之间，纵坐标在立柱①附近。如果图足够大，可以在图上直接标注模具号。

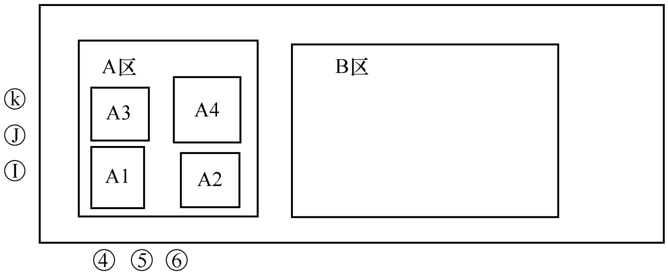


图 14-29　模具区域位置图示例

4）将每套模具按零件号的顺序，将模具所在区域位置及上下位置列成清单，查找模具位置时，只要查出其所处坐标位置，就可找到所需模具。如某模具在 A3中，表示模具在 A3 位置的中层。

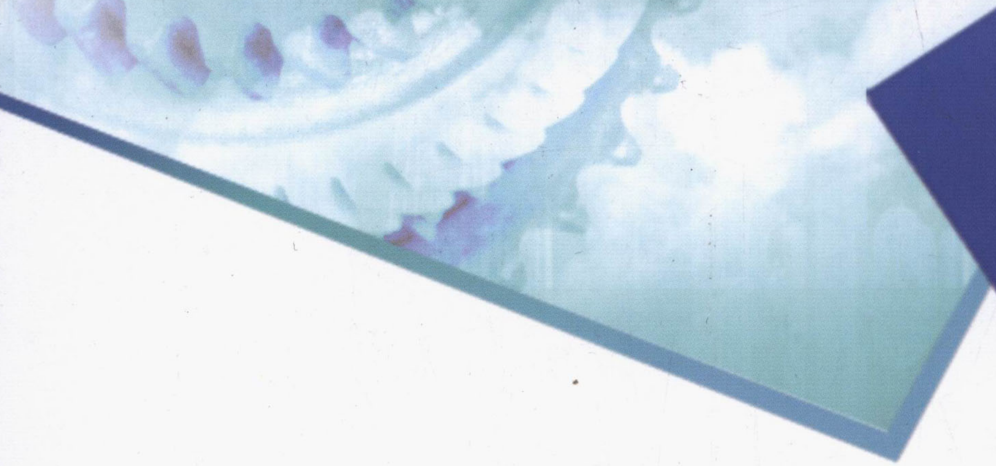
5）如果能将模具定置程序化、图示化，则使用起来更方便。

思　考

1. 模具定置主要考虑哪几方面?
2. 如何画模具定置图?

参 考 文 献

[1] 中国机械工程学会塑性工程学会. 锻压手册(冲压)[M]. 北京：机械工业出版社，2008.
[2] 中国机械工程学会塑性工程学会. 锻压手册(锻压车间设备)[M]. 北京：机械工业出版社，2008.
[3] 范宏才，侍慕超，等. 现代锻压机械[M]. 北京：机械工业出版社，1994.
[4] 梁柄文，陈孝戴，王志恒. 钣金成形性能[M]. 北京：机械工业出版社，1999.
[5] 顾迎新，张海渠. 冲压工实际操作手册[M]. 沈阳：辽宁科学技术出版社，2007.



- 本书以轻松的风格，将冲压理论与生产实际密切结合，有很强的实际操作性。
- 书中汇集大量的生产实物照片，深入浅出地介绍了工厂从事冲压工作的技术人员所需的各种知识，并目前国内外先进的冲压技术简要介绍了。
- 本书是冲压技术人员从校园到职场的良师，是成就冲压工程师的技术宝典。

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术冲压
ISBN 978-7-111-37908-9
策划编辑◎孔劲 / 封面设计◎马精明

ISBN 978-7-111-37908-9
9 787111 379089
定价：78.00元